Über die

Obliteration der Siebröhren.

Inaugural-Dissertation

verfaſst und der

hohen philosophischen Fakultät der Königlichen Friedrich-Alexander-Universität zu Erlangen

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Hermann Bliesenick
aus Berlin.

Mit einer Tafel.

BERLIN,
Druck von W. Pormetter.
1891.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545819_0071

Über die

Obliteration der Siebröhren.

Inaugural-Dissertation

verfaſst und der

hohen philosophischen Fakultät der Königlichen Friedrich-Alexander-Universität zu Erlangen

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Hermann Bliesenick
aus Berlin.

Mit einer Tafel.

BERLIN,
Druck von W. Pormetter.
1891.

Seiner lieben Mutter

in Dankbarkeit gewidmet.

I. TEIL.

Die Organe der sekundären Rinde haben lange Zeit, obwohl sie schon im Jahre 1837 von Th. Hartig[1]) unterschieden und beschrieben waren, nicht das Interesse hervorgerufen, das denselben doch in erhöhtem Maſse zukommt. Man hielt früher den Bast, d. h. die Bastfasern, für die hauptsächlichsten Elemente der Rinde und glaubte den dieselben umgebenden Zellen keine besondere Bedeutung beimessen zu müssen. So kannte auch Berg noch keine Siebröhren. Man findet sie in seinem Atlas daher nirgends gezeichnet. Hartigs Angaben haben wohl deshalb wenig Beachtung gefunden, weil er keine besonders klare Darstellungsgabe hatte und es liebte, viele neue Namen einzuführen, die man nicht gerade glücklich gewählt nennen kann.

Erst im Jahre 1855 bestätigte Mohl[2]) die bis dahin unbeachtet gebliebenen Untersuchungen Hartigs. Er nannte die Siebröhren jedoch Gitterzellen, da er der Ansicht war, daſs die Siebporen nicht geöffnet, sondern mit einer zarten Membran verschlossen seien. Naegeli[3]) und Hanstein[4])

[1]) Th. Hartig, Vergleichende Untersuchungen über die Organisation des Stammes der einheimischen Waldbäume. Jahresberichte über die Fortschritte der Forstwissenschaft, Berlin 1837, S. 156 u. flgde.

[2]) H. v. Mohl, Andeutungen über den Bau des Bastes. Botanische Zeitung 1855, Seite 877.

[3]) Naegeli, Über die Siebröhren der Cucurbitaceen. Sitzungsberichte der Münchener Akademie 1861.

[4]) Hanstein, Die Milchsaftgefäſse und verwandte Organe etc. Berlin 1884.

stellten eingehendere Studien über die Siebröhren an, und erweiterten so die Kenntnis über dieselben.

Den letzten zwanzig Jahren war es vorbehalten, positive Ergebnisse über den Bau dieser Organe und ihre Funktion zu bringen. Unter anderen Forschern haben sich speciell Möller[1]), Fischer[2]), Wilhelm[3]) und Tschirch[4]) mit diesem Gegenstande befafst.

Nachdem man die Zusammensetzung der Organe des Siebkörpers, seinen Aufbau und seinen Inhalt genauer kennen gelernt hatte, konnte man auch der Frage nach der physiologischen Bedeutung dieses wichtigen Gewebeteiles näher treten. Hanstein[5]) hatte im Jahre 1860 durch seine Ringelungsversuche den Nachweis zu führen gesucht, dafs die Siebröhren ausschliefslich der Leitung eiweifshaltiger und plasmatischer Substanzen dienen, und zwar der Abwärtsleitung derselben. Von den vielen neueren Ansichten, die hierüber geäufsert wurden, scheint mir die, welche B. Frank[6]) in seinem Lehrbuch der Physiologie niedergelegt hat, die zutreffendste zu sein, da sie auch meinen Beobachtungen am meisten entspricht. Sie geht dahin, dafs der Siebteil seiner Lage nach, und in seiner Eigenschaft als Leiter von Kohlehydraten und Eiweifssubstanzen zur Versorgung des Cambium

---

[1]) J. Möller, Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882.

[2]) A. Fischer, Untersuchungen über das Siebröhrensystem der Cucurbitaceen. Berlin 1884. — A. Fischer, Über den Inhalt der Siebröhren in der unverletzten Pflanze. Berlin 1885. — A. Fischer. Studien über die Siebröhren der Dikotylenblätter. Leipzig 1885. — A. Fischer, Neue Beiträge zur Kenntnis der Siebröhren. Leipzig 1886.

[3]) K. Wilhelm, Beiträge zur Kenntnis des Siebröhrenapparates dikotyler Pflanzen. Leipzig 1880.

[4]) A. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie. Wien und Leipzig 1889. S. 342—352.

[5]) Hanstein, Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik II. Band. 1860.

[6]) A. B. Frank, Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Berlin 1890. S. 162 u. 163.

für den Aufbau des Holzkörpers dient. Durch die neueste Arbeit Strasburgers[1]) hat sie bereits Bestätigung erfahren.

Der aktiven Siebröhre steht, wie Tschirch zuerst hervorhob[2]), die nicht mehr leitende gegenüber. Die Leitung wird im Herbst durch Callus-Ablagerung auf den Siebporen vorübergehend unterbrochen. Einen bleibenden Verschluſs ruft ihr Zusammenfall, ihr Absterben, hervor, und ist für diese Erscheinung die Bezeichnung Obliteration[3]) gewählt worden.

Der erste, der obliterierte Siebelemente fand, ohne allerdings zu wissen, daſs es sich hier um solche handle, war Wigand[4]). Er glaubte ein neues Gewebe entdeckt zu haben, beschrieb dasselbe in seiner Abhandlung: „Über die Desorganisation der Pflanzenzelle“, und gab ihm wegen seiner Consistenz den Namen Hornprosenchym oder Hornbast.

Oudemans[5]), Rauwenhoff[6]), Möller[7]), Tschirch[8]) zeigten, daſs dieses Gewebe obliterierte Siebelemente sind. Tschirch, der sich mit diesem Gewebe eingehend beschäftigte, giebt über dasselbe folgendes an[9]):

---

[1]) E. Strasburger, Die Vertreterinnen der Geleitzellen im Siebtheile der Gymnospermen. Sitzungsbericht der Berliner Akademie der Wissenschaften 1890. S. 6.

[2]) A. Tschirch, Angew. Pfianzenanatomie, S. 345.

[3]) de Bary, Vergleichende Anatomie d. Vegetationsorgane der Phanerogamen etc., S. 557.

[4]) A. Wigand, Pringsheims Jahrbücher Band III. 1863. S. 119 und: A. Wigand, Pharmakognosie. Berlin 1874. S. 8 u. 9.

[5]) Oudemans, Aanteekeningen op het systematisch- en pharmacognostisch-botanische Gedeelte der Pharmacopoea Neerlandica. Rotterdam 54—56. — Oudemans, Das Hornprosenchym Wigands. Botanische Zeitung 1862, S. 43.

[6]) Rauwenhoff, Ned. Kruidk Archief T. V. 1874. Observations sur les caractères et la formation du liège.

[7]) J. Möller, Über die Entstehung des Akacien-Gummi. Sitzungsbericht der Wiener Akademie 1875.

[8]) A. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie. Band I. Wien und Leipzig 1889. S. 346.

[9]) Ebendaselbst, S. 345.

„Bei weitem häufiger als der Verschlufs durch Callus kommt es vor, dafs die Siebröhren, welche aus dem Verkehr ausgeschlossen werden sollen, obliterieren. Dies geschieht dadurch, dafs die Siebröhren (samt Geleitzellen und Cambiform), nachdem sie ihren Inhalt verloren haben, durch den Turgor der benachbarten Zellen derartig zusammengedrückt werden, dafs die eine Wand die andere vollständig berührt, oder doch nur ein aufserordentlich feines spaltenförmiges Lumen zurückbleibt. Eine nachträgliche Verdickung der Wandungen findet hierbei, wie mir Messungen zeigten, nicht statt."

Über die physiologische Bedeutung der Obliteration äufsert sich der genannte Autor folgendermafsen[1]):

„Jedenfalls erscheint es bemerkenswert, dafs die Pflanze bei den ausgesteiften, nicht zusammendrückbaren Gefäfsen, wenn sie dieselben aus dem Saftverkehr ausschliefsen oder nach aufsen abschliefsen will, verschiedene Verschlufseinrichtungen anwendet, nämlich: Harz- oder Gummipfropfen oder Thyllen, während sie sich bei den Siebröhren mit weichen nicht ausgesteiften Wandungen ganz allgemein der viel einfacheren Methode des Verschlusses durch Zusammendrücken (Obliterieren) bedient, die zur Entstehung des Keratenchym (Hornprosenchym Wigands) führt."

Wie schon erwähnt, kennt man als vorübergehenden Verschlufs die Callusbildung. Sie tritt nach Abschlufs der Vegetationsperiode im Herbst auf in den noch leitenden Siebröhren, die die Pflanze noch nicht abscheiden will, und wird im Frühjahr, wenn die Siebröhren wieder ihre Funktion übernehmen, aufgelöst. Einige neuere Forscher auf diesem Gebiet: Möller, Fischer, Wilhelm haben in ihren Abhandlungen viel über das Auftreten von Callus und über sein Wesen berichtet.

Über die Obliteration der Siebröhren, den endgültigen Funktionsabschlufs derselben, ist, soviel ich weifs, nichts weiter bekannt, als Tschirch in den oben angeführten Citaten zusammenfäfst.

---

[1]) A. Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie, S. 337.

Ich habe mir nun auf Vorschlag des letztgenannten Forschers die Aufgabe gestellt:

1. Zu untersuchen, in welcher Zeit und
2. in welchem Altersstadium der Rinde die Obliteration eintritt;
3. welche Teile der sekundären Rinde zur Obliteration mit herangezogen werden.

Ferner:

4. das Verhältnis der obliterierenden Elemente zu den sie umgebenden Geweben klarzulegen, besonders den Einfluſs der mechanischen Elemente auf die Obliteration und auf die Stärke der Obliteration zu veranschaulichen.

Endlich habe ich die Fragen zu beantworten versucht:

5. Sind die Skulpturierungen der Längswände von Einfluſs auf die Obliteration? und
6. Tragen die Plattensysteme der Siebröhren zum Aussteifen derselben bei?

Um diese Fragen zu lösen, habe ich mir von den verschiedensten Familien, auch von Vertretern vieler Gattungen derselben, Rinden jeden Alters beschafft. Um die Zeit des Zusammenfalls genau studieren zu können, besorgte ich mir von denselben Exemplaren diese verschieden alten Rindenstücke im Sommer, Herbst, im Winter und Frühling. Neben diesem frischen verwendete ich, um die Verhältnisse älterer Rinden studieren zu können, viel getrocknetes Material, und leistete mir hierbei die Holzsammlung des pflanzenphysiologischen Instituts der landwirtschaftlichen Hochschule gute Dienste. Das frische Material habe ich mir zum gröſsten Teil aus dem hiesigen königlichen botanischen Garten besorgt.

In meiner Arbeit kommen hauptsächlich die dikotylen einheimischen Holzpflanzen in Betracht. Neben den Angiospermen habe ich auch einige Vertreter der Gymnospermen mit herangezogen. Die Rindenstücke bewahrte ich unter

Spiritus auf, der ja allerdings den Inhalt der Siebelemente contrahiert, im übrigen aber keine Veränderung hervorruft. Die Untersuchungen nahm ich unter Wasser vor.

Es war zuerst meine Absicht, auch die Rinden der krautigen, besonders der zweijährigen Pflanzen, nachdem sie die Reservestoffe im Herbst translociert haben, zu untersuchen, ebenso die Verhältnisse der Siebröhren bei abgefallenen Blättern klarzulegen. Bald erkannte ich jedoch, dafs ich mir die Aufgabe zu weit gesteckt hatte, und behalte mir diese Untersuchungen für eine fernere Abhandlung vor.

Die Ergebnisse dieser meiner Arbeit teile ich im folgenden mit.

Als Ausgangspunkt für meine Beobachtungen über die Obliteration wählte ich die Ausläufer der Süfsholzwurzel[1]). Bei dieser kann man sowohl auf dem Querschnitt als auf dem radial geführten Längsschnitt alle Stadien der vorschreitenden Obliteration des Siebteils unterscheiden. Nehmen wir zunächst den Querschnitt. (Figur I.) Während man am Cambium noch ganz intakte Siebröhren entdeckt, sieht man bald darauf schwach zusammengedrückte, sodann sind sie stark zerquetscht, mehr oder weniger verzerrt. Im extremsten Falle ist das Gewebe, wie schon oft beschrieben, von hornartiger Beschaffenheit, die Membranen der Zellen erscheinen verdickt, ihre Lumina bilden schmale feine Schlangenlinien.

Auf dem radialen Längsschnitt (Figur II) sieht man die Siebröhren am Cambium gleichfalls intakt mit Siebplatten. Doch weiter nach aufsen findet man sie in der Mitte eingedrückt, noch weiter nach der primären Rinde zu, mehr und mehr zusammengequetscht. Die Siebplatten sind dann eingeknickt oder durch den Druck von einer Seite losgelöst. Das nun folgende, zuerst in schmalen Streifen, sodann in breiten Bändern auftretende Gewebe läfst aufser

[1]) Vergleiche hierzu auch: Tschirch und Holfert, Über das Süfsholz. Archiv der Pharmazie. 26. Band, Heft II. 1888.

den schmalen mehr oder weniger zarten Zellhöhlungen der Siebelemente nichts erkennen.

Wigand[1]) unterscheidet zwischen einem lockeren und einem dichten Horngewebe. Ich möchte das, was derselbe unter „lockeres Horngewebe“ zusammenfafst, einfach als Obliteration ansprechen, die man je nach dem Grade derselben als stärker oder schwächer obliteriert unterscheiden kann. Unter Horngewebe, Keratenchym, verstehe ich nur die höchst obliterierte Form, die vollständige Obliteration der Siebelemente, bei der die Zellwände eine hornartige Consistenz zeigen.

In seiner Entgegnung wider Möller, Rauwenhoff und Oudemans giebt Wigand[2]) eine Zusammenstellung von Pflanzen, bei denen dies von ihm entdeckte und beschriebene Gewebe vorkommt, gegenüber einer zweiten, bei der es fehlt. Aus diesen Tabellen erhellt zur Genüge, wie unzureichend es ist, einen Ausdruck für eine ganze Reihe von Übergangsstadien anzuwenden, denn sein lockeres Horngewebe findet sich mindestens in allen den Rinden vor, von denen er behauptet, dafs Keratenchym fehlt.

Es liegt auch kein Grund vor, da, wo die Zellen infolge des Druckes mehr oder weniger verbogen sind, die Membranen jedoch ihre frühere Beschaffenheit beibehalten haben, von Keratenchym zu sprechen. Für die stärkste Form der obliterierten Siebelemente ist die Bezeichnung gut gewählt, und wird sich mit Recht behaupten.

Bevor ich nun auf den Vorgang der Obliteration näher eingehe, ist es wohl nötig, anzugeben, welche Elemente der sekundären Rinde dem Absterben anheimfallen. Während man früher die sekundäre Rinde in Hartbast und Weichbast einteilte, findet man in den neueren anatomischen Werken die zartwandigen als die eigentlichen Siebelemente bezeichnet (das Leptom Haberlandts)[3]), die sie oft begleitenden Bast-

[1]) A. Wigand, Pharmakognosie. Berlin 1887. S. 8 u. 9.

[2]) A. Wigand, Zur Verständigung über das Hornprosenchym. Flora 1877, No. 24.

[3]) G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. 1884. S. 229.

fasern, die hauptsächlichsten mechanischen Elemente der sekundären Rinde, sind dem Bast des Holzes, dem Libriform, gegenüber gestellt, denn wie letzteres den Gefäfsteil, so begleiten erstere den Siebteil.

Nach K. Wilhelm [1]), der noch für die Einteilung in Weich- und Hartbast eintritt, zerfallen die dünnwandigen Elemente in Siebröhren, Geleitzellen und Cambiform, von Phloëmparenchym spricht er nirgends. Mithin versteht genannter Autor unter Cambiform zum Teil auch das Phloëmparenchym der sekundären Rinde mit.

Tschirch unterscheidet in seiner Anatomie neben den Bastfasern die Siebröhren mit Geleitzellen, das Cambiform und das Phloëmparenchym. Während nun, wie Fischer [2]) gezeigt hat, die Siebröhren zur Leitung, die Geleitzellen zur Bildung der Eiweifsstoffe dienen, das Cambiform die Materialien zur Eiweifserzeugung herbeischafft, fällt dem Phloëmparenchym eine wesentlich andere Aufgabe zu. Dieses sorgt für die Leitung der plastischen Baustoffe, der Kohlehydrate, und dient im Winter auch zur Speicherung von Reservestoffen, um das Cambium bei Beginn der neuen Vegetationsperiode, wo die Pflanze noch nicht assimilierende Blätter besitzt, sogleich in Thätigkeit treten zu lassen. Es wäre so erklärlich, dafs sich das Phloëmparenchym bei eintretender Dilatation anders verhält als die Siebröhren mit Geleitzellen und Cambiform.

In einigen Fällen haben Briosi [3]) und Wilhelm [4]) allerdings Stärke in den Siebröhren nachgewiesen, als Leiter plastischer Stoffe sind diese Organe jedoch nicht anzusehen. Denn wenn man in Betracht zieht, ein wie grofser Druck

[1]) K. Wilhelm, Beiträge zur Kenntnis des Siebröhrenapparates etc., S. 1.

[2]) A. Fischer, Studien über die Siebröhren der Dikotylenblätter, S. 34—39.

[3]) Briosi, Über allgemeines Vorkommen von Stärke in den Siebröhren. Botanische Zeitung 1872, Seite 305.

[4]) Wilhelm, Beiträge zur Kenntnis des Siebröhrenapparates etc., Seite 73.

dazu gehört, die geformten Körperchen durch die meist sehr engen Siebporen hindurch zu drücken, aufserdem wie wenige Siebröhren leitend bleiben, so mufs man immer wieder das Phloëmparenchym als Leiter der plastischen Substanzen ansehen. Wo ich Stärke in den Siebröhren gefunden habe, teile ich meinen Befund in dem speciellen Teile meiner Arbeit mit. Bei den Gymnospermen hat Strasburger[1]) nachgewiesen, dafs Parenchym- und Markstrahl-Zellen aus der nächsten Umgebung der Siebröhren, die als Vertreterinnen der fehlenden Geleitzellen hier fungieren, gleichfalls nach Abschlufs ihrer Thätigkeit der Obliteration anheimfallen. Bei den Angiospermen, wo stets Geleitzellen differenziert sind, hat man bisher nicht die Wahrnehmung gemacht, dafs parenchymatische Zellen eine andere Funktion übernehmen müssen.

Das Phloëmparenchym im allgemeinen nimmt also an der Obliteration nicht Teil, solange es der sekundären Rinde angehört, wenigstens fand ich bis in die äufsersten Phloëmschichten hinauf intakte Zellen, die sich auf Längsschnitten als parenchymatische erwiesen.

In den Fällen, wo Borkebildung eintritt, dagegen, scheint mir dasselbe meistens auch der Obliteration zu verfallen, denn man erkennt in den durch Borke ausgeschiedenen obliterierten Siebschichten keine intakten Zellen, vielmehr sieht man dann nur gleichmäfsig zusammengedrückte Zelllagen.

Auf Querschnitten sind die Parenchymzellen daran zu erkennen, dafs sie meistens ein kleineres Lumen haben, als die Siebröhren. Ihr Inhalt korrespondiert immer mit dem der Markstrahlen, denn in dem Mafse, wie diese mit Eiweifsstoffen und Stärke gefüllt sind, sind es auch jene. Die Parenchymzellen durchziehen meist in unregelmäfsigen tangentialen Reihen den Siebteil, selten alternieren sie mit den Siebröhren (Ribes, Aristolochia). Oft scheinen sie mir auch

---

[1]) E. Strasburger, Die Vertreterinnen der Geleitzellen im Siebtheile der Gymnospermen. Sitzungsbericht der Berliner Akademie der Wissenschaften 1890.

den Siebteil gegen die mechanischen Elemente abzuschliefsen. Ob dies jedoch nicht häufig Cambiform ist, läfst sich auch auf radial und tangential geführten Längsschnitten schwer entscheiden. Wo sich bei älteren Rinden mehrere Schichten in der sekundären Rinde ausgebildet haben, bestehend aus Siebelementen, von Bastzellen oder Complexen derselben umschlossen, verbindet Parenchym stets diese Schichten unter einander. —

Der Vorgang der Obliteration ist folgendermafsen zu denken: im Herbst beginnt die meristematische Thätigkeit des Cambium mit der geringer werdenden Zufuhr von Bildungsstoffen allmählich zu erschlaffen, und wird, nachdem sie die im Siebteil noch vorhandenen Stoffe verbraucht hat, bald gänzlich eingestellt. Die Siebröhren mit ihren Geleitzellen und das Cambiform werden hierbei nach und nach gänzlich oder doch bis auf ein Geringes entleert. Querschnitte durch die einzelnen Rinden zeigen ein verschiedenes Verhalten. Dicht am Cambium ist immer noch Inhalt, wenn auch meist wenig, nur auf einige Zelllagen beschränkt, anzutreffen, während der übrige Teil des Siebteils dann gänzlich entleert ist. Wenn der Siebteil umfangreicher ist, dann ist die noch mit Inhaltsstoffen versehene Zellschicht am Cambium eine gröfsere, und man beobachtet, wie die geleiteten Stoffe allmählich geschwunden sind. Je mehr man nun nach der primären Rinde zu kommt, um so weniger Inhalt ist vorhanden. In den mittleren Schichten sind dann häufig die Geleitzellen und das Cambiform noch mit wenig Inhalt anzutreffen, während die Siebröhren vollständig leer sind. An das Schwinden des Inhalts ist die Obliteration geknüpft, allmählich, wie die geleiteten Stoffe fortgehen, tritt der Zusammenfall ein. Mit dem Verluste des Turgor der Siebröhren mufs nun der Druck der sie umgebenden Gewebe, die dann meistens noch gefüllt oder ausgesteift sind, auf sie einwirken. Die verhältnismäfsig dünnen Wandungen der entleerten Siebelemente können ihm nicht mehr Stand halten, und werden zusammengedrückt. Die im äufsersten Umkreise gelegenen werden den gröfsten Druck

erleiden, der sich dann nach und nach durch den ganzen Siebteil fortsetzt. Am Cambium, wo noch stets Inhalt in den Siebröhren zu finden ist, wird der hydrostatische Druck derselben dem der benachbarten Elemente das Gleichgewicht halten. Im allgemeinen läfst sich der Satz aufstellen:

Da vom Cambium aus nach der primären Rinde zu der Inhalt immer mehr und mehr abnimmt, wird der Turgor der umgebenden Zellen nach der Rinde zu um so stärker einwirken können. In allen Rinden, mag die Obliteration schwach oder stark auftreten, kann man dieses Vorwärtsschreiten beobachten.

Der Ansicht De Barys[1]), die er in seiner Anatomie nur als Vermutung ausgesprochen hat, und zu der sich auch A. Fischer[2]) bekennt, kann ich mich nur anschliefsen:

Das Entleeren der Siebelemente ist die primäre Ursache, als Folge hiervon ist das Zusammenfallen anzusehen.

Die am Cambium gelegenen jüngsten Siebelemente sind demnach, auf dem Querschnitt betrachtet, wenn überhaupt, meist nur schwach zusammengedrückt. Die Radialwände sind eingeknickt, und ihre Lumina schwach verbogen. Weiter nach der primären Rinde zu werden die Zellen oftmals verzerrt und verzogen, bis die Wandungen wie verdickt erscheinen, und zwischen ihnen die feinen Lumina die gänzliche Obliteration anzeigen.

Um die Zeit festzustellen, und das Altersstadium zu ermitteln, in dem die Obliteration auftritt, untersuchte ich die mir zu Gebote stehenden Rinden so, dafs ich die verschieden alten Rinden in den vier Jahreszeiten auf Quer- und radialen Längsschnitten neben einander betrachtete, und zu gleicher Zeit auf Inhalt prüfte.

So fand ich am Sommermaterial von ganz jungen ein- bis zweijährigen Zweigen schon die äufsersten, die am meisten

---

[1]) De Bary, Vergleichende Anatomie, Seite 557.

[2]) A. Fischer, Neue Beiträge zur Kenntnis der Siebröhren. Leipzig 1886. Seite 22.

nach der primären Rinde zu gelegenen Siebelemente, das Protophloëm, obliteriert, jedenfalls infolge der vorjährigen Herbstperiode, den sekundären Siebteil völlig intakt.

Beim Herbstmaterial desselben Alters konnte ich eine Zunahme der Obliteration unterhalb der primären Rinde constatieren.

Bei der Untersuchung des Herbstmaterials fand ich in allen Zweigen, die erst im Frühling desselben Jahres entstanden waren, das Protophloëm stets mehr oder weniger zusammengedrückt. Der primäre Siebteil erscheint demnach stets, und zwar immer zuerst obliteriert[1]). Von dem sekundären Siebteil bleibt der dem Cambium zunächst liegende Teil stets für die Leitung reserviert. Bei Rinden, wo die Obliteration schon in jungen Zweigen sehr stark auftritt, ist dieser Teil sehr klein, er beschränkt sich nur auf wenige Zelllagen (Fagus, Robinia). In solchen dagegen, in denen, wie ich weiter unten zeigen werde, die mechanischen Elemente zum Schutze des Siebteils dienen, sieht man die intakten Siebelemente oft viele Zelllagen einnehmen (Vitis, Liriodendron, Tilia). Wie ich oben gezeigt habe, werden schon in jungen ein- und zweijährigen Rinden die äufsersten Zelllagen des Siebteils für den Verkehr abgeschlossen (Figur XI). Sieht man sich nun etwas ältere Rinden an, z. B. vier- bis fünfjährige, wie ich sie meistens zur Untersuchung benutzte, so gewahrt man hier schon eine erhebliche Zunahme der Obliteration[2]), die besonders ins Auge fällt bei Rinden, die keine Bastbelege und Steinzellbildung haben, oder solche nur in geringem Mafse aufweisen können.

Ist der Siebteil nach Schichten angeordnet, so kann man von Schicht zu Schicht nach der primären Rinde zu den Fortschritt des Zusammenfalls deutlich erkennen. (Tilia, Fraxinus, Populus, Salix).

[1]) De Bary, Vergleichende Anatomie, S. 338, zu vergleichen.

[2]) Siehe die Figuren XI bis XIV, die die Zunahme der Obliteration mit dem Alter der Rinde an Fagus silvatica zur Veranschaulichung bringen sollen.

Die älteren Siebelemente werden nun immer mehr der primären Rinde zugedrängt, oft auch in sie hineingeschoben.

Bei den Rinden, bei denen Borkebildung eintritt, werden die obliterierten Elemente durch dieselbe meist abgetrennt. Je nach der Ausbildung des sekundären Siebteils findet man Borkebildung an der Grenze der primären Rinde oder auch tiefer in den Siebteil eingedrungen, sodafs oft nur eine leitungsfähige Schicht zurückbleibt (Vitis, Clematis). Doch nicht immer sind die durch Borke abgeschiedenen Elemente des Siebteils obliteriert, man findet auch völlig erhaltene Siebröhren mit Platten vor (Vitis, Clematis), die sogar, wie ich in einem Falle (Clematis) constatieren konnte, verholzt waren.

Die im Herbst neben der Obliteration eintretende Callusbildung traf ich in allen Altersstadien in der Rinde an, und zwar immer nur dicht am Cambium oder nicht weit von demselben entfernt. (Figuren IX u. X.) Doch nicht bei allen Rinden konnte ich Callus auffinden, obwohl ich ihn in der Mehrzahl derselben nachweisen konnte. Ich kann nicht annehmen, dafs diese Bildung hier meiner Beobachtung entgangen ist. Es waren dies meist Rinden, bei denen starke Obliteration eintritt, und nur wenige, manchmal auch nur eine Zellreihe am Cambium intakt waren. Vielleicht hält die Pflanze in diesen Fällen es nicht für nötig, Callusbildung eintreten zu lassen. Dies weist darauf hin, dafs man nicht etwa annehmen darf, dafs nur die mit Callus verschlossenen Siebröhren im Frühling die Leitung der Stoffe wieder aufnehmen; vielmehr werden alle nicht obliterierten Siebelemente im nächsten Jahre wieder zur Leitung benutzt, wie mich das Frühlingsmaterial belehrte.

Bei allen von mir untersuchten Rinden fand ich, dafs die Auflösung des Callus bei Beginn der neuen Vegetationsperiode in der von Wilhelm[1]) beschriebenen Weise vor sich ging. Um nun die Auflösung Schritt für Schritt zu ver-

[1]) K. Wilhelm, Beiträge zur Kenntnis des Siebröhrenapparates etc., Seite 37.

folgen, besorgte ich mir von einigen Rinden von der Zeit an, wo die ersten Zweigknospen sich öffneten, bis zur Entfaltung der ersten Blätter in kurzen Zwischenräumen Material. Ich kann constatieren, dafs die Abnahme der callösen Bildung allmählich stattfindet. So sah ich in einem Falle (Magnolia acuminata, Figur XV) die eine Hälfte des Plattensystems noch mit Callus verschlossen, während die andere Hälfte denselben schon gelöst hatte. Mit der Entfaltung der Blätter ist seine Auflösung stets vollständig. Dafür, dafs die ältesten Callusplatten nicht wieder gelöst werden, konnte ich kein Beispiel finden.

In allen Rinden, sowohl der Angiospermen, als auch der Gymnospermen findet die Obliteration statt, nur ist ihr Auftreten an gewisse Einrichtungen geknüpft. Die Bedingungen nun, an welche die Obliteration überhaupt und deren Stärke gebunden ist, sind in dem Fehlen oder Vorhandensein und der Lagerung der mechanischen Elemente zu suchen.

Schwendener hat gezeigt[1]) wie die Natur bestrebt ist, je nachdem ein Pflanzenteil es bedarf, denselben zug- oder schubfest, druck- oder biegungsfest zu bauen. Es dienen hierzu die mechanischen Zellen, und von diesen vornehmlich die Bastfasern. Mit diesen letzteren hat die Pflanze oft auch Einrichtungen getroffen, die, wie genannter Autor beschrieben hat, keine statische, sondern nur lokalmechanische Bedeutung haben, und als solche gewissen Pflanzenteilen zum Schutze dienen.

So findet man z. B. bei den Palmen sichelförmige Bastbelege, von denen einer dem Holzteile, ein zweiter dem Siebteile vorgelagert ist. In der sekundären Rinde dikotyler Hölzer treten ähnliche Verhältnisse auf. Da die Hauptfestigkeit des dikotylen Stammes im Holzkörper liegt, so mufs die Anlage von Bastbelegen, besonders von so starken wie bei Tilia, Liriodendron, Carya etc., in der Rinde be-

[1]) S. Schwendener, Das mechanische Prinzip im Bau der Monokotylen. Leipzig 1874.

fremden. Sie kann demnach nur lokalen Bedürfnissen, wie Schwendener[1]) gezeigt hat, entsprechen.

Auch Tschirch[2]) hebt hervor, dafs die Bast- und Steinzellbildung in der sekundären Rinde vorwiegend lokalmechanische Einrichtungen sind. Er sagt daselbst:

> „Jedenfalls jedoch dreht es sich bei den Bastbelegen im Leptom der dikotylen Hölzer weniger um Einrichtungen gegen radial wirkende Druckkräfte, als vielmehr um Construktionen, die die zartwandigen Leptomelemente gegen die infolge der Variabilität der Turgescenz-Verhältnisse entstehende Gewebsspannungen thunlichst schützen."

Woran die Verteilung dieser mechanischen Elemente geknüpft ist, weshalb bei der einen Rinde das Stereom[3]) in grofsen Complexen auftritt, bei anderen sehr schwach, bei anderen wiederum gar nicht, ist nicht erwiesen und mufs späteren Forschungen zu entscheiden überlassen bleiben.

Ich habe durch meine Untersuchungen die Ansicht gewonnen, dafs die Pflanze je nach Bedarf in den Rinden die mechanischen Elemente hauptsächlich zum Schutze des Siebteils anlegt, und dafs sie durch die Steinzellbildung in ihrem Bestreben unterstützt wird.

Es sei mir gestattet, darauf hinzuweisen, in welcher Weise das Fehlen oder Vorhandensein und die Lagerung der mechanischen Elemente der Obliteration hinderlich ist, oder wenigstens doch dieselbe abschwächt.

In den meisten Rinden werden primäre Bastbündel gebildet, und da dieselben stets über dem jungen Siebteile gelagert sind, tragen sie zum Schutze desselben bei. Bei fortschreitendem Wachstume der Rinde vereinigen sich gröfstenteils die primären Bündel zu einem geschlossenen Ringe, unter welchem dann, geschützt gegen den Druck der

---

[1]) S. Schwendener, Das mechanische Prinzip etc., Seite 145.

[2]) A. Tschirch, Beiträge zur Kenntnis des mechanischen Gewebesystems. Pringsheims Jahrbücher 1885. Band XVI, Seite 303.

[3]) Schwendener stellt dem Mestom, dem leitenden Gewebe der Pflanze das Stereom (auch Stereiden), ihr Knochengerüst, gegenüber.

primären Rinde, der Siebteil liegt. Oft tritt die Steinzellbildung zu Hilfe, indem sie durch Zwischen- und Auflagerung das Fehlende ergänzt.

Die primären Bastbündel liegen fast immer auf der Grenze der primären zur sekundären Rinde, seltener weiter in erstere hinein (Ulmus, Ampelopsis, Ilex).

In jedem Jahre entstehen nun aus dem Cambium neue Siebelemente, die die alten dann vor sich herschieben. Die primären Bastbelege reichen nun zum Schutze für den sekundären Nachwuchs des Siebteils, speziell gegen den in radialer Richtung auftretenden Druck, nicht mehr aus, und die Pflanze ist genötigt, dagegen Vorkehrungen zu treffen. Zu gleicher Zeit mit der Vermehrung der Siebelemente werden dann Bastfasern entwickelt, oder es tritt in Rinden, in denen kein Bast angelegt wird, Sklerosierung von Parenchymzellen auf, oder aber auch zu schwachen Bastbelegen tritt Steinzellbildung hinzu. In allen Fällen, in denen nun diese Bastfaserstränge von Rindenstrahl zu Rindenstrahl in mehreren Lagen anzutreffen sind, nimmt die Obliteration nach der primären Rinde zwar zu, doch ist der Druck sichtlich verringert (Tilia, Magnolia, Juglans, Salix etc.)

Durch das allmähliche Anwachsen und das damit verbundene Vorwärtsschieben der sekundären Rindenelemente müssen Verschiebungen auch unter diesen gegen einander eintreten. So ist es zu erklären, dafs die mit mechanischen Zellen umgürteten Siebelemente in den an der primären Rinde anliegenden Schichten schliefslich doch obliterieren. Zum Schutze des aus dem Cambium hervorgehenden Siebteils sieht man auch hin und wieder Bastfasern in radialen Reihen angeordnet (Liriodendron), die dann später erst zu einem tangentialen Bande zusammenschliefsen.

Tritt neben der tangentialen Anordnung der Bastelemente auch noch radiale auf, und vereinigen sich dieselben zu Complexen, die einer Traverse |—| gleichen[1]) (Tilia, Fig. III), so ist erklärlich, dafs die dazwischen liegenden Siebröhren

[1]) Vergleiche hierzu: J. Möller, Anatomie der Baumrinden, S. 247.

nicht obliterieren können, weil die Bastfasern wie feste Schienen (Figur IV) rings um die Siebelemente gelegt sind.

Ähnlich dem letzteren sind die Fälle, in denen die von Rindenstrahl zu Rindenstrahl reichenden Bastbündel die Formen eines liegenden S ∽ (Salix), einer Sichel ⌣ (Liriodendron), oder eines locker gewundenen zopfartigen Bandes haben (Carya). Hier sind die dazwischen liegenden Siebelemente gleichfalls geschützt, und zwar wiederum nach zwei Seiten, gegen radialen und tangentialen Druck. Tritt nun gar der Bast so mächtig auf, dafs er in der sekundären Rinde vorherrschend ist, dann findet man einzelne oder gruppenweise angeordnete Siebröhren vollständig von demselben umgeben vor. Diese einzelnen geschützten Siebröhren sind in der ganzen sekundären Rinde anzutreffen (Carya amara, Stammrinde).

Überwölben die Bastfasergruppen in Kuppelform den Siebteil (Vitis, junger Zweig; Clematis), so ist von aufsen her der Druck gehemmt, durch die Schaffenskraft des Cambium setzt sich jedoch ein Druck durch den Siebteil fort, der die an der äufseren Peripherie liegenden Elemente zur Obliteration zwingt, sobald sie entleert sind.

Die Lagerung der mechanischen Elemente in der sekundären Rinde ist oft bei einem älteren Zweige wesentlich anders, als bei jungen ein- bis zweijährigen.

Einige Rinden entwickeln im ersten Jahre grofse Bastzellcomplexe, die über dem Siebteile liegen, und zum gröfsten Teile wohl noch mechanischen Zwecken dienen, da der Holzkörper, wie bekannt, dann noch nicht die erwünschte Festigkeit besitzt. Erst im zweiten Jahre, nachdem die Libriformfasern gebildet sind, werden die Bastzellen der Rinde sichtlich anders veranlagt. Dann umspannen sie oft in Bogenform das Leptom, und zeigen somit, dafs sie nunmehr nur lokalmechanische Bedeutung haben.

Das augenscheinlichste Beispiel hierfür bietet Clematis. Hier sind in der jungen Rinde umfangreiche Bastbelege gebildet, die zur gröfseren Festigkeit noch durch sklerosierte Parenchymzellen verbunden sind. Im darauf folgenden Jahre

werden Bastzellen erzeugt, die in viel schmaleren Schichten in hochgewölbtem Halbkreise den Siebteil jedesmal umgeben. Diese Bastbänder schliefsen das Leptom nicht etwa in der Weise ab, dafs sie auch den Saftverkehr mit der primären Rinde hindern; er wird vielmehr durch dünnwandige manchmal sogar verholzte Zellen, die in den Bastbeleg eingeschoben sind, ermöglicht. Auch die Steinzellgruppen werden dann von dünnwandigen Zellen durchbrochen.

Tschirch, der diese Verhältnisse klargelegt hat[1]), nennt die hier auftretenden Elemente Durchlafszellen.

Diesen soeben besprochenen Verhältnissen in der sekundären Rinde stehen nun die gegenüber, bei denen die mechanischen Elemente in geringerer Zahl vorhanden sind. Die Bastzellen treten nur in schwachen Complexen (Nestern) oder schmalen Bändern auf, die meist nicht von Rindenstrahl zu Rindenstrahl reichen, und nur durch einzelne Bastfasern zu concentrischen Ringen verbunden sind (Ulmus, Rosa, Syringa, Robina etc.). In diesen Fällen gewahrt man sehr bald stärkere Obliteration, die dann mit dem Alter der Rinde immer mehr zunimmt.

Wie ich schon hervorhob, tritt oft zur Verstärkung der schwachen Bastbündel Sklerose ein (Fraxinus, Aesculus, Corylus etc.). Beide im Verein suchen dann die Siebröhren zu schützen, doch findet auch hier der Zusammenfall der Siebelemente schon frühzeitig statt. Einige durch Lagerung des Stereoms geschützte Siebröhren bleiben jedoch meist erhalten.

Die Pflanze bedient sich auch eigenartiger Variationen in der Bastbildung, damit dem Siebteile, wenn wenige mechanische Elemente vorhanden sind, durch Stellung derselben doch Schutz zukommt. Sie läfst die Belege z. B. so abwechseln, dafs über den Lücken der einen Reihe die der zweiten

[1]) A. Tschirch, Über die Durchbrechungen der mechanischen Ringe zum Zwecke der Leitung der Assimilationsprodukte. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft 1884.

gelagert sind (Crataegus, Sambucus). Bei zwei von mir durchgesehenen Rinden fand ich Bastfasern zu elliptischen Formen vereinigt, die dann noch in den auf einander folgenden Schichten alternieren (Ostrya, Rhamnus).

Nicht ganz selten ist der Fall, dafs in der sekundären Rinde gar kein Bast vorhanden ist, und an seiner Stelle Sklereïdennester auftreten (Fagus, Betula, Platanus, Alnus, Cornus).

Seltener scheinen mir die dikotylen Holzpflanzen zu sein, in deren sekundärer Rinde weder Bastfasern noch Steinzellen vorkommen (Aristolochia, Buxus, Ilex, Philadelphus). Die Obliteration des Leptoms ist dann meist auch sehr stark, oft sogar tritt Keratenchym auf.

Jedesfalls, das ist mir zur Gewifsheit geworden: die Obliteration und der Grad der Obliteration in jeder einzelnen Pflanze ist abhängig von dem mechanischen Gewebe und seiner Lagerung, und man kann nach Kenntnisnahme der Lage derselben sofort auf die Stärke der Obliteration schliefsen.

Schon Th. Hartig[1]), der Entdecker der Siebröhren, hat in der Abhandlung, in der er seine Beobachtungen mitteilte, die Wahrnehmung gemacht, dafs auch die Längswände mit einem von Siebporen unterbrochenen Netzwerke versehen sind. De Bary unterzieht diese Längswände einer eingehenderen Besprechung[2]). Allerdings giebt er an:

> „Diese seitenwandständigen Platten sind äufserst zart, und es ist unentschieden, ob sie wirklich Poren haben, oder nur den Siebplatten ähnlich gegitterte Wandstücke sind."

Bei den untersuchten, allerdings wenigen Vertretern der Gymnospermen fand ich überhaupt keine Querplatten, dafür

[1]) Th. Hartig, Vergleichende Untersuchungen über die Organisation des Stammes der einheimischen Waldbäume. Jahresberichte über die Fortschritte der Forstwissenschaft 1837. Heft 1, Seite 160. — Siehe aufserdem: Th. Hartig, Über die Querscheidewände von Cucurbita Pepo. Botanische Zeitung 1854, S. 51.

[2]) De Bary, Vergleichende Anatomie. S. 184.

aber die Längswände mit zahlreichen Porenfeldern bedeckt. Möller äufsert bei Beschreibung von Pinus Strobus[1]) seine Meinung dahin, dafs die Enden der Siebröhren so abgerundet sind, dafs man von eigentlichen Querwänden kaum sprechen kann.

Der Austausch der Inhaltsstoffe mufs hier durch diese Poren bewirkt werden. Und so glaube ich auch, dafs die Siebporen der Längswände bei den Angiospermen den Austausch der Inhaltsstoffe mit bewirken, denn wozu würden diese sonst im Herbst ebenso wie die Querwände mit einer Callusschicht verschlossen (Vitis; Platanus, Figur X), die im Frühjahr wieder gelöst wird?

Die Siebröhren unterhalten mit ihren Geleitzellen Inhaltsaustausch durch die feinen zu kleinen Feldern vereinigten Siebporen, die Naegeli[2]) mit dem Namen Siebfelder belegt hat. Von diesen lassen sich leicht die durch tangentiale Längsschnitte sichtbar gemachten Siebporen unterscheiden, die zur Verbindung der Siebröhren untereinander zu dienen scheinen. Während jene, die obengenannten kleinen Siebfelder, nur auf gut geführten radialen Schnitten sichtbar sind, mithin sich nur auf den Radialwänden vorfinden (Figur V B), werden diese nur auf den Tangentialwänden angetroffen (Figur V A).

Bei den meisten dikotylen Holzpflanzen habe ich sie beobachtet. Sie bestehen aus oft sehr feinen, zu Feldern von wechselnder Gröfse und Form vereinigten Poren[3]). Die Porenfelder sind durch anastomosierende Cellulosestreifen von einander getrennt. Ich habe bemerkt, dafs diese Cellulosestreifen mit dem Alter der Siebröhren verstärkt werden, und stelle die Vermutung auf, ob dieselben nicht den Siebröhren als Aussteifungen dienen. Diese Skulpturierungen oder zarten Aussteifungen sind dicht am Cambium noch nicht zu finden,

[1]) J. Möller, Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882. S. 24.

[2]) Naegeli, Die Siebröhren von Cucurbita. Botanische Mitteilungen. Bd. 1, S. 223.

[3]) Vergleiche zu dieser Beschreibung die Figuren V A u. VI und Figur VIII.

und scheinen mir erst von der Rinde je nach Bedarf angelegt zu werden.

Während bei den meisten Rinden die ganze Längswand von Siebplatte zu Siebplatte mit Porenfeldern bedeckt ist, zwischen denen dann feine sich verästelnde Cellulosestreifen liegen (Tilia, Figur V A und VI; Salix, Figur VIII; Populus, Quercus etc.), fand ich in einem Falle (Carya amara) keine (ältere Rinde), oder doch nur sehr zarte Poren (Rinde jüngerer Zweige), dafür aber ziemlich starke, denen der Spiralgefäfse ähnlich sehende Aussteifungen (Figur VII).

In vielen Rinden, in denen nicht für genügende mechanische Elemente zur Verhinderung der Obliteration gesorgt ist, fand ich solche Skulpturierungen vor, und ich vermute, dafs sie dann zur Erhaltung der leitungsfähigen Siebröhren mitbeitragen.

Noch auf eine andere Einrichtung in den Siebröhren möchte ich an dieser Stelle hinweisen, die mir bei der Obliteration von Bedeutung zu sein scheint. Während die Siebplatten bei den krautigen ein- bis zweijährigen Pflanzen, soweit fremde und meine Beobachtungen reichen, horizontal gestellt sind, findet man dieselben bei den dikotylen Holzpflanzen meistens in schräger Lage. Statt einer Siebplatte sind dann mehrere aneinander gereiht, verbunden mit Cellulosestreifen. Diese Plattensysteme haben oft eine beträchtliche Länge, nicht selten zählt man acht bis zehn Siebplatten (Evonymus, Gleditschia, Hedera, Castanea, Betula, Corylus), seltener noch mehr (Platanus: 15), sogar 20 (Ostrya) konnte ich nachweisen.

Während man nun auf radialen Längsschnitten die Flächenansichten erblickt, bieten die tangential geführten Schnitte stets die Profilansichten der Siebplatten oder Plattensysteme dar. Daraus kann man mit Bestimmtheit schliefsen, dafs diese Durchlafseinrichtungen in den Siebröhren von Radialwand zu Radialwand reichen. Diese längeren Plattensysteme finden sich nur in mehrjährigen Rinden, und auch hier nur weiter nach der primären Rinde zu in den Siebröhren vor.

Dicht am Cambium sind in den Rinden, in denen später Plattensysteme auftreten, einfache horizontale oder wenig geneigte Platten anzutreffen, die dann mehr und mehr nach der primären Rinde zu an Längenausdehnung zunehmen.

Die auf diese Weise durch Plattensysteme verbundenen Wandungen der Siebröhren erhalten bestimmt durch die zwischen den Siebporen liegenden Cellulosestreifen eine Aussteifung und können somit, sobald sich die Siebröhren entleert haben, dem übermäfsigen Druck der umgebenden Gewebe trotzen. Wie nun durch diese Einrichtungen der tangentiale Druck gemäfsigt wird, scheinen mir die oben erwähnten Wandverdickungen und Skulpturierungen, die die tangentialen Wände der Siebröhren bedecken, zur Milderung des radialen Druckes beizutragen.

Schlufsfolgerung.

Die Ergebnisse meiner Arbeit, kurz zusammengefafst, sind folgende:

I. Nur als vorübergehender Verschlufs der Siebröhren tritt im Herbst Callusbildung auf, und zwar nur am Cambium und in den nächsten Zelllagen des Siebteils. Im Frühling mit wieder beginnendem Saftverkehr beginnt dieser Verschlufs sich zu lösen. Mit dem Ausbreiten der ersten Blätter sind die Siebporen wieder völlig freigelegt.

II. Den definitiven Verschlufs der Siebelemente bei den dikotylen Holzpflanzen bildet die Obliteration, und zwar tritt der Zusammenfall dieser Organe erst nach Entfernung des Inhalts ein, und schreitet allmählich, wie der Inhalt fortgeht, vor, indem der Druck der umgebenden Gewebe die sekundäre Ursache ist. Je nach dem Auftreten des Zusammenfalls unterscheide ich schwache oder starke Obliteration. Den extremsten Fall, bei dem das Gewebe hornartige Consistenz zeigt, nenne ich Keratenchym.

III. Bei den Angiospermen verfallen der Obliteration in der sekundären Rinde: die Siebröhren nebst Geleitzellen und das Cambiform, nicht das Phloëmparenchyen.

IV. Im Herbst, mit dem Abschluſs der jährlichen Vegetationsperiode, wenn die Entleerung der Siebelemente stattfindet, werden die äuſseren derselben durch Obliteration aus dem Verkehr ausgeschieden. In allen Rinden obliterieren die Siebelemente früher oder später, das Protophloëm zuerst. Die Obliteration schreitet mit zunehmender Stärke der Rinde von Jahr zu Jahr weiter vor.

V. Als Bedingung, an welche die Stärke des Zusammenfalls der Siebelemente geknüpft ist, habe ich das Vorhandensein oder Fehlen und die Lagerung der mechanischen Elemente (Bastfasern in Verbindung mit Steinzellbildung) erkannt. Die Bastfasern sind hier vornehmlich lokalmechanische Einrichtungen, die dazu dienen, den Siebteil gegen den Druck der ihn umgebenden Gewebe zu schützen. Darauf deutet seine Anordnung in der sekundären Rinde.

VI. Auſserdem ist der Grad der Obliteration wahrscheinlich auch abhängig von dem Vorhandensein oder Fehlen der Skulpturierungen und der Wandverdickungen auf den radialen Längswänden.

VII. Auch die Plattensysteme mit den zwischen den Siebplatten vorhandenen Cellulosestreifen tragen zur Aussteifung der Siebröhren bei, um den Druck der umgebenden Elemente zu mindern.

VIII. Die aus dem Saftverkehre ausgeschiedenen Siebelemente werden immer mehr nach der primären Rinde vorgeschoben und werden meistens früher oder später durch Borkebildung abgetrennt. In den bei weitem meisten Fällen sind sie dann schon obliteriert, sehr selten findet man unverletzte Siebröhren vor, in einem Falle fand ich dieselben sogar verholzt.

II. TEIL.

In diesem Teile sollen meine Beobachtungen folgen, die ich an den einzelnen Rinden über die Obliteration der Siebröhren gemacht habe. Da nun der Verlust des Inhalts die Obliteration einleitet, und diese die Inaktivität der Siebröhren anzeigt, so ist der Umfang der Dilatation bei der Anordnung maſsgebend. Weil aber, wie ich gezeigt habe, der Zusammenfall von dem Fehlen oder Vorhandensein und der Lagerung der Bastfasern und Steinzellbildung abhängig ist, so will ich nach dem Auftreten der mechanischen Elemente in der sekundären Rinde meine Einteilung treffen. Es ist mir bewuſst, daſs dieselbe vollkommen willkürlich ist, und daſs ich bei Durchsicht von noch mehr Rindenmaterial sie um vieles hätte erweitern müssen. Zur Orientierung hänge ich ein Schema diesem Teile an. In die vier von mir aufgestellten typischen Formen alle untersuchten 46 Rinden einzureihen, hat einige Schwierigkeiten bereitet, weil viele Übergangsstadien auftreten. Der Bau der älteren, mehr als zehnjährigen Rinden, ist mir hierbei maſsgebend gewesen. Zum Zwecke der Zusammenstellung werde ich nur das Wintermaterial ins Auge fassen, weil hier neben den Inhaltsverhältnissen auch die Callusbildung und das Wesen der Obliteration am besten zu studieren sind. Von den einzelnen Pflanzen werden ein-, oder ein- bis zweijährige, dann fünf- bis sechsjährige und noch mehrjährige, d. h. über 20 Jahre zählende Rinden zur Betrachtung gebracht werden. Querschnitte der verschiedenen Alter, radiale und tangentiale

Längsschnitte dienten mir zur Beobachtung, und werde ich deren genaue Ergebnisse hier mitteilen.

Typus I: Der Bastkörper ist von Rindenstrahl zu Rindenstrahl mit solcher Breite und in solchen Formen gelagert, dafs die zwischen denselben liegenden Siebelemente nicht oder doch nur schwach obliterieren können.

Tilia platyphyllos Scop.

In der primären Rinde einjähriger Zweige treten schon wenig umfangreiche tangential gestreckte Bastbündel auf. Unter ihnen liegen geschützt die ersten Siebelemente. Bei sekundärem Zuwachs der Rinde werden die primären Bastbündel durch die Markstrahlen auseinander gedrängt. Die nun in concentrischen Ringen[1]) stark auftretende Bastzellbildung erzeugt traversenartig[2]) ⊢⊣ gebaute Complexe (Figur III), die von Rindenstrahl zu Rindenstrahl reichen und wie feste Schienen die dazwischen gelagerten Siebröhren umspannen (Figur IV). Das Phloëmparenchym verbindet die einzelnen von Bastfasern umgebenen Siebschichten. Die Lage der Stereïden läfst hier nicht zu, dafs Obliteration eintritt, und nur noch bei späteren Verschiebungen der Organe der sekundären Rinde ist ein Zusammenfall schliefslich möglich. Um die Widerstandsfähigkeit der Längswände zu verstärken, sind Wandverdickungen, obwohl ziemlich zart, vorhanden. Dieselben anastomosieren in älteren Rinden unter sich in feiner werdenden Verzweigungen, die kleine Porenfelder einschliefsen (Figur V). Bei jüngeren Rinden, auch noch bei einer fünfjährigen, fand ich Wandverdickungen, aber keine Poren zwischen denselben (Figur VI).

[1]) Vergleiche hierzu auch: v. Mohl, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botanische Zeitung 1855, S. 878. — Hanstein, Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung der Baumrinden 1853, S. 44. — Th. Hartig, Naturgeschichte der Kulturpflanzen Deutschlands 1851, S. 561.

[2]) Vergleiche: J. Möller, Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882. S. 247; auch die Abbildung.

Am Cambium ist in allen Altersstadien Callus zu finden (Figur IX). Bei einem einjährigen Zweige, wo nur die primären Bastbündel vorhanden sind, findet man die Siebelemente fast alle intakt, einige sind schwach verbogen, nur das Protophloëm, das dicht an den Bastkörper herangedrückt ist, zeigt Obliteration mit schwacher Keratenchymbildung. Die Siebelemente sind meist leer, dicht am Cambium sind einige contrahierte Plasmaschläuche zu finden (Figur IX). Diese Siebröhren sind auch mit Callus verschlossen. Das umgebende Paremchym enthält ziemlich viel Eiweifs, keine Stärke. Die zehnjährige Rinde bietet schon ein etwas anderes Bild dar. Die nicht weit vom Cambium gelegenen Siebelemente, die durch keinen Bastbeleg geschützt sind, zeigen mehr oder weniger verbogene Wandungen. Die dagegen von den Bastfasern umspannten Siebröhren sind intakt. Die obersten Leptomschichten sind stärker obliteriert, dicht unter der primären Rinde ist sogar ganz schwache Keratenchymbildung eingetreten.

Inhalt ist in den Siebröhren auch hier nicht vorhanden, dicht am Cambium fand ich nur contrahierte Plasmaschläuche und Callusbildung (Figur IX). Das Parenchym enthält wenig Eiweifsstoffe, keine Stärke. Eine Rinde, die ich auf 40 Jahre schätzte, zeigte die Obliteration in schwach erhöhtem Mafse. Hier fand ich das Cambiform und die Geleitzellen oft zu schmalen Streifen zusammengedrückt, wahrscheinlich durch den Druck der Siebröhren gegen sie mitveranlafst. In den oberen Siebschichten war durch Verschiebung der Elemente eine etwas stärkere Obliteration aufgetreten, die an den äufsersten der primären Rinde zu gelegenen Stellen zu Keratenchym geführt hatte. Inhalt wie vorher.

Magnolia acuminata L.

Über den primären Bastbündeln, die an der Grenze der primären und sekundären Rinde liegen, fand ich noch isolierte Steinzellgruppen vor. Die sekundäre Rinde weist bei einem dreijährigen Zweige schon einige Lagen Bastfasern

auf, bei einem mehrjährigen grofse umfangreiche Complexe[1]), abwechselnd mit schmaleren, die von einem Rindenstrahl zum anderen reichen, und mit vereinzelten Steinzellen eingefafst sind. Zwischen diesen Bastbündeln sind die weitlichtigen Siebelemente, von Parenchym umgeben, eingebettet, so dafs man eine deutliche Schichtung wahrnehmen kann. Oft umgeben die Bastbündel in Bogenform die Siebelemente und dienen ihnen so zum Schutz.

Bei einer einjährigen Rinde war aufser den primären Bastbündeln kein Bast weiter zu finden. Der Zusammenfall der Siebelemente trat hier ziemlich stark auf. Die dreijährige Rinde, bei der bereits einige Lagen Bastfasern, wie bemerkt, vorhanden sind, zeigte dementsprechend geringere Obliteration. Die Siebröhren sind in den unteren Schichten völlig intakt, einzelne meist nur wenig verbogen, in den oberen sind neben wenig verbogenen auch ziemlich stark verzogene Siebelemente anzutreffen. Das Protophloëm ist noch stärker obliteriert.

Bei einer noch älteren, ungefähr 30 Jahre zählenden, Rinde herrschen die Bastfasern in der sekundären Rinde vor, auch tritt schwache Steinzellbildung hinzu[2]). In der ersten Schicht am Cambium sind die Siebelemente völlig intakt. In den darauf folgenden Schichten findet man neben intakten, den von den Bastbelegen geschützten, auch verbogene und verzogene Lumina, doch tritt die Obliteration in der ganzen Rinde so mäfsig auf, dafs man die Geleitzellen und das Cambiform deutlich erkennen kann. Nur unter der primären Rinde nimmt sie zu. Wandverdickungen konnte ich hier nicht entdecken, statt dessen vereinzelte kleine Porenfelder (Figur XV). Die Siebröhren waren leer, dicht am Cambium fanden sich contrahierte Schläuche neben Callus (Figur XV). Das Cambiform und die Geleitzellen waren zum Teil noch mit Eiweifs gefüllt; das Parenchym enthielt ziemlich viel Eiweifsstoffe.

[1]) Vergleiche: S. Schwendener, Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen, S. 146.

[2]) Vergleiche: J. Möller, Anatomie der Baumrinden, S. 228.

Liriodendron tulipiferum L.

Die Anordnung der mechanischen Elemente dieser Rinde ist der der vorhergehenden ähnlich. In der primären Rinde sind die Bastfasern zu schmalen tangentialen Streifen gruppiert, aufserdem ist schwache Steinzellbildung aufgetreten. Die sekundäre Rinde dieses Baumes hat nicht so umfangreiche Bastfasergruppen als Magnolia. Es sind hier meist schmalere Bänder, die von Rindenstrahl zu Rindenstrahl reichend, concentrisch geschichtet sind; auch in radialer Richtung gestreckte Bündel kommen vor. Bei einem älteren Zweige findet man am Cambium nur radial gestreckte Bastbelege, die sich dann erst später mit den tangentialen zusammenschliefsen. Hierbei entstehen Bastgebilde, die, auf dem Querschnitte betrachtet, die Form einer Sichel ⌣ oder eines Winkels ⌟ haben, und so die dazwischen liegenden Siebröhren schützen können[1]). Die Bastbildung in der sekundären Rinde beginnt erst spät. Ein dreijähriger Zweig hatte hier noch keine Bastfasern aufzuweisen. Mithin konnte ich schon nach der primären Rinde hin zunehmende schwache Obliteration nachweisen. Bei älteren Rinden, wo die Bastzellen in concentrischen Ringen auftreten, fand ich in den dem Cambium zunächst liegenden Schichten die Siebelemente intakt, wenige verbogen. Mehr nach der primären Rinde zu war Dilatation eingetreten, die sich in den oberen Zelllagen der Schichten verstärkte, und hier sogar meist Keratenchymbildung aufwies. Von Bast umspannte Siebröhren fand ich bis in die oberen Schichten hinein intakt. Tangentiale Längsschnitte zeigten die Tangentialwände der Siebröhren mit netzig gruppierten Porenfeldern. Die zwischen letzteren anastomosierenden Cellulosestreifen scheinen mir zum Aussteifen mit beizutragen. Dicht am Cambium konnte ich stets Callusbildung nachweisen. Die Siebelemente enthielten am Cambium wenig Eiweifs, sonst waren sie meist leer. Cambiform und Geleitzellen fand ich meist mit Eiweifsstoffen gefüllt. Das Phloëmparenchym enthielt ziemlich viel Eiweifsstoffe, wenig Stärke.

[1]) Ähnlich wie bei Tilia platyphyllos; vergleiche hierzu Fig. IV.

Carya amara Nutt.

Auf der Grenze der primären und sekundären Rinde liegen umfangreiche Bastbündel. In der sekundären Rinde sind die Bastfasern zu Bändern verbunden, die, zopfartig unter einander verflochten, in tangentialen Reihen angeordnet sind. In den durch die umschliefsenden Bastbelege gesicherten Räumen liegen, geschützt gegen äufseren Druck, die Siebelemente, von Parenchym umgeben. Bei älteren Rinden ist der Bast das vorherrschende Element [1]). Zwischen den meist sehr umfangreichen Bastcomplexen eingekeilt, liegen einzelne oder zu kleinen Gruppen vereinigte Siebröhren unverletzt da. Die schmalen Keratenchymbänder, von denen sie meist umgeben sind, zeigen, dafs viele ihrer Genossinnen bereits dem bleibenden Verschlufs anheimgefallen sind. Bis zur primären Rinde hinauf hat die Pflanze so Siebröhren lebensfähig erhalten. Die Längswände der Siebröhren haben starke sprossenförmige Aussteifungen ohne Anastomosen, zwischen denen bei einer fünf- bis sechsjährigen Rinde ganz feine Poren zu erkennen sind. Eine circa fünfzigjährige Rinde hatte die Aussteifungen in noch verstärktem Mafse, doch waren keine Poren zwischen denselben zu sehen (Figur VII). Während ich bei vielen anderen von mir untersuchten Rinden im Zweifel war, ob die manchmal recht zarten Wandverdickungen zu Aussteifungen dienen können, ist mir diese Ansicht hier zur Gewifsheit geworden. Aufserdem tragen gewifs auch die langen Plattensysteme mit ihren starken Querverbänden dazu bei, die Siebröhren vor dem Druck der umliegenden Gewebe zu schützen.

In den von mir untersuchten Altersstadien konnte ich an den nicht durch Bastbelege geschützten Orten schwache Obliteration, manchmal auch Keratenchym nachweisen.

Die Siebelemente zeigen beim Cambium wenig Inhalt (Eiweifsstoffe), sonst sind sie leer. Das Parenchym hat wenig Eiweifs, mehr Stärke aufzuweisen.

---

[1]) Vergleiche hierzu auch: J. Möller, Anatomie der Baumrinden, S. 312.

Clematis viticella L.

Bei einer einjährigen Rinde sind nur die primären Bastbündel als starke Complexe vorhanden, unter sich mit Steinzellbildung verbunden. Der dann im nächsten Jahre in der sekundären Rinde auftretende Bast umspannt in dünnen, zwei bis drei Zellen starken Lagen bogenförmig den Siebteil[1]).

Betrachtet man nun eine noch ältere, z. B., wie sie mir vorlag, eine zehnjährige Rinde auf dem Querschnitte, so sieht man viele dieser Bastkuppen mit dem durch sie eingeschlossenen Siebteil über einander liegen. Über den Bastfasern in dem primären Parenchym tritt jedesmal Peridermabildung auf, und werden die Schichten so nach und nach mit der Borke abgetrennt. Der von dem Bastbelege überwölbte Siebteil wird von Phloëmparenchym unregelmäfsig durschsetzt und liegt geschützt vor äufseren Druck. Beim Cambium sind demnach die Siebelemente intakt oder doch nur wenig verbogen. Nach dem Rande zu tritt Obliteration auf, die mehr und mehr zunimmt, und dicht unter dem Baste zu schwacher Keratenchymbildung führt.

Die Siebröhren haben am Cambium keine Callusbildung, und sind in der Nähe desselben mit wenig Inhalt (Eiweifsstoffe) versehen, nach oben zu meist leer. Das Parenchym ist mit Eiweifs und Stärke ziemlich gefüllt. Bei dieser Pflanze kommt den Bastfasern allein die Aufgabe zu, die Siebelemente zu schützen, denn es sind weder Aussteifungen oder Skulpturierungen vorhanden, noch können die nur einfachen Siebplatten den Druck hemmen. In den durch Borkebildung abgetrennten Schichten finden sich vollständig erhaltene Siebröhren vor, die nach ihrem Ausscheiden aus dem Saftverkehre verholzt sind.

[1]) Siehe auch: Teil I S. 21 u. 22. Vergleiche: S. Schwendener, Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen, S. 146.

Vitis riparia Lam.

Diese Rinde[1]) ist der vorhergehenden sehr ähnlich.

In jungen einjährigen Rinden sieht man die primären Bastbündel in schmaler Bandform das Leptom überwölben.

In älteren Rinden, in denen mehrere solcher Bastbänder ausgebildet sind[2]), erscheinen letztere abgeplattet und wechseln mit dem Leptom ab, dessen Mitte weitlichtige Siebröhren einnehmen. Oberhalb dieser Bastfaserreihen, die $^1/_2$ oder $^1/_3$ so stark sind, als die Schichten der Siebelemente, tritt Korkbildung auf. Diese schnürt die nicht mehr lebensfähigen Schichten ab, sodafs in älteren Rinden nur ein bis zwei der ersteren aktiv sind.

Auf den Längswänden der Siebröhren sind feine Skulpturierungen[3]) zu erkennen.

Die Obliteration bei einer einjährigen Rinde ist ihrem Bau entsprechend eine sehr geringe. Es konnten nur einige verbogene Lumina am Bastbelege erkannt werden. In der am Cambium liegenden Siebschicht älterer Rinden sah man schon mehr verbogene Zellen. Nach dem Bastkörper zu nimmt die Obliteration allmählich bis zu schwacher Keratenchymbildung zu. In den folgenden Schichten tritt neben erhöhter aber schwacher Obliteration Keratenchym in Nestern und Bändern auf. Letztere nimmt nach oben hin zu, ohne dafs man sehr stark verbogene und verzogene Siebelemente gewahrt. Es mufs also der Druck der äufseren Gewebe am Rande besonders stark auf den Siebteil einwirken.

---

[1]) Vergleiche hierzu: v. Mohl, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botanische Zeitung 1855, S. 879. — Hanstein, Untersuchungen über den Bau der Baumrinden, S. 61. — J. Möller, Anatomie der Baumrinden, S. 209 u. 210. — G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie, S. 353.

[2]) Vergleiche: S. Schwendener, Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen, S. 146.

[3]) Vergleiche: K. Wilhelm, Beiträge zur Kenntnis des Siebröhrenapparates. I. Abschnitt: Vitis vinifera.

Callus ist in allen Altersstadien, sowohl auf den Siebplatten als auch auf den Porenfeldern der Längswände, zu sehen.

Die Siebröhren[1]) zeigen nur am Cambium wenig Inhalt (Eiweifs und vereinzelte Stärkekörnchen), sonst sind sie leer. Das Cambiform und die Geleitzellen haben mehr Inhalt. Das Parenchym enthält ziemlich Eiweifs, wenig Stärke.

Typus II. Der Bast ist in tangentialen Reihen von abwechselnder Stärke geordnet. Oft tritt Steinzellbildung hinzu, um das Fehlende zu ergänzen. Die Bastfasercomplexe nehmen verschiedene Formen an, um die Siebelemente nach Möglichkeit zu schützen. Meist tritt stärkere Obliteration auf, auch Keratenchym.

Juglans regia L.

Obwohl mit Carya engverwandt, hat Juglans doch nicht in dem Mafse mechanische Elemente zum Schutze des Siebteils in der sekundären Rinde gebildet, als jene[2]).

Ein gemischter Ring[3]) aus Bastfasern und Steinzellen trennt die primäre Rinde von der sekundären. Letztere durchziehen tangentiale Bastbänder[4]), die meist nur zwei bis drei Zelllagen stark sind, und nicht immer von einem Rindenstrahle zum andern reichen. Die Obliteration ist dementsprechend eine stärkere als bei Carya.

[1]) Vergleiche: De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane, S. 183 u. 186. — Briosi, Botanische Zeitung 1873, S. 344. — Dippel, Das Mikroskop II. S. 231.

[2]) Vergleiche hierzu: v. Mohl, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botanische Zeitung 1855, S. 879, wo der Bau der Rinde mit der von Tilia verglichen wird.

[3]) A. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 389.

[4]) Vergleiche: S. Schwendener, Das mechanische Prinzip im anatom. Bau der Monokotylen, S. 146. — G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie, S. 353.

In älteren Rinden sind am Cambium neben intakten wenig verbogene Siebelemente zu finden. Sodann sind sie nach oben stärker verbogen und fallen am Bastbelege zu schwachem Keratenchym zusammen. Von Schicht zu Schicht ist ein Fortschritt in der Obliteration zu erkennen. Der Zusammenfall der Siebelemente ist bei einer einjährigen Rinde, in der nur der gemischte Ring vorhanden ist, ein geringer. Dicht unter letzterem ist schwache Obliteration und Keratenchymbildung zu erkennen.

Auf den tangentialen Längswänden der Siebröhren sind verzweigte Wandverdickungen, zwischen denselben feine Poren[1]), ähnlich denen von Tilia (Figur V). Am Cambium ist, analog Carya, kein Callus zu finden.

Die Siebröhren sind leer, das Parenchym ist teilweise mit Eiweifsstoffen gefüllt.

Salix nigricans Sm.

Nicht genau auf der Grenze der sekundären und primären Rinde, sondern etwas in letztere hineingerückt, liegen die isolierten primären Bastbündel. Der sekundäre Bast ist in ziemlich breiten tangentialen Streifen, doch nicht immer regelmäfsig angeordnet. Die Rinde läfst deutliche Schichtung zwischen Siebteil und Bast erkennen. Hin und wieder fand ich Bastformen, die einem liegenden S ∽ glichen, zwischen denen eingeschlossen intakte Siebröhren lagen. Neben der an einzelnen Stellen sogar ziemlich stark auftretenden Obliteration durchziehen schmale Keratenchymstreifen den Siebteil. Die Wandungen der Siebröhren sind hier mit ziemlich feinen Verdickungen versehen, bei jüngeren Rinden ohne Poren zwischen denselben (Figur VIII), bei älteren ein sich verjüngendes Anastomosenetz bildend, zwischen denen kleine Porenfelder liegen. Die Siebröhren sind leer, das Parenchym ist mit Eiweifsstoffen gefüllt.

Am Cambium ist kein Callus.

[1]) Siehe auch: J. Möller, Anatomie der Baumrinden, S. 311; auch die Abbildung.

Populus nigra L.

Der Bau dieser Rinde ist dem der vorigen fast gleich[1]).

Primäre und sekundäre Rinde zeigen die mechanischen Elemente in derselben Anordnung. In der sekundären Rinde tritt die Schichtung zwischen Bast und Leptom deutlicher hervor, da die Bastfasercomplexe compaktere Formen haben. Die Längswandungen haben zarte Verdickungen. Die Obliteration tritt in demselben Maſse auf, wie bei Salix, auch die Inhaltsverhältnisse sind dieselben.

Quercus sessiliflora Sm.

Der in der schmalen primären Rinde liegende gemischte Ring[2]) besteht aus nicht sehr umfangreichen Bastfasercomplexen, die unter einander durch Steinzellen verbunden sind[3]).

Die sekundäre Rinde ist concentrisch geschichtet. Schmale Bastzellbänder[4]), die von Steinzellen eingehüllt sind und von Rindenstrahl zu Rindenstrahl reichen, wechseln mit dem dreimal breiteren Leptom ab. Die erste Schicht am Cambium zeigt die Siebelemente in allen Altersstadien intakt oder nur wenig zusammengedrückt. In den folgenden nimmt die Dilatation zu und führt in der Nähe des Bastes zu schwacher Keratenchymbildung. Auf den Längswänden der Siebröhren sind anastomosierende Verdickungsleisten, zwischen ihnen ganz feine Poren. Lange Plattensysteme mit starken Leitersprossen scheinen zur Aussteifung beizutragen.

Die Siebröhren zeigen am Cambium wenig Inhalt, auch keine Callusbildung, das Parenchym enthält mäſsig Eiweiſsstoffe, wenig Stärke.

[1]) Vergleiche: Hartig, Vollständige Naturgeschichte der Kulturpflanzen Deutschlands. 1851. S. 443 u. 444.

[2]) Vergleiche: A. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 389.

[3]) Vergleiche hierzu: B. Frank, Ein Beitrag zur Kenntnis der Gefäſsbündel. Bes. Abdruck der Botanischen Zeitung, Jahrgang 22, S. 10.

[4]) Vergleiche: S. Schwendener, Mechan. Prinzip, S. 146.

Fraxinus excelsior L.

Die primäre Rinde hat ziemlich umfangreiche Bastbündel aufzuweisen, zwischen denen Sklerenchym gelagert ist[1]).

In der sekundären Rinde bilden die Bastfasern nur durch die Rindenstrahlen unterbrochene concentrische Ringe mit mehr oder weniger angelagerten Steinzellen. Die Siebelemente sind in den so gebildeten Schichten teils von Parenchym eingefafst, teils von ihm durchzogen. Die Lage des Stereoms läfst von vornherein auf nicht sehr stark auftretende Obliteration schliefsen. Neben vielen intakten sind auch verbogene und verzogene Siebelemente zu sehen, doch tritt nirgends Keratenchym auf. Die Rinde eines einjährigen Triebes weist verhältnismäfsig stärkere Obliteration auf, als die eines älteren Zweiges. Im ersteren können die wenigen vorhandenen Stereïden nicht viel zum Schutze beitragen. Die Siebröhren haben ziemlich lange Plattensysteme und auf den Längswänden zarte Verdickungen, zwischen denen ich keine Poren entdecken konnte, ähnlich denen von Tilia (Figur VI). Callus nicht vorhanden.

Die Siebröhren sind leer, das Parenchym mit Eiweifsstoffen gefüllt.

Aesculus Hippocastanum L.

Ein gemischter Ring von Stein- und Bastzellen durchzieht in ihrem unteren Teil die primäre Rinde. In der sekundären Rinde jüngerer Zweige treten die Bastfasern nur in spärlichen Bündeln auf[2]), die von Steinzellen umlagert sind; bei älteren Zweigen bilden sie tangential gestreckte, meist schmale Züge, von Steinzellbildung umgeben.

Die Obliteration tritt ziemlich stark auf, sowohl in junger als in älterer Rinde. Bei letzterer tritt an der primären Rinde Keratenchym auf.

[1]) Vergleiche hierzu: A. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie. S. 389.

[2]) Vergleiche: S. Schwendener, Das mechanische Prinzip, S. 146.

Die Siebröhren haben Plattensysteme mit dünnen Sprossen und zarte feine Wandskulpturierungen, die nicht angethan sind, zur Aussteifung beizutragen.

Am Cambium ist kein Callus. Die Siebröhren sind leer, das Parenchym hat nicht viel Eiweifsstoffe als Inhalt.

Castanea vesca Gärtn.

Im zweiten Drittel der primären Rinde liegt ein nicht ganz geschlossener gemischter Ring, bestehend aus kleinen Gruppen von Bastfasern mit zwischengelagerten Steinzellen. Bei jungen Trieben treten die sekundären Bastbelege in schmalen zwei- bis dreireihigen zerstreuten Gruppen auf, verstärken sich dann später und lagern sich zu tangentialen Bändern[1]), die von einem Rindenstrahl zum andern reichen, zusammen. Da und dort sind sklerosierte Parenchymzellen zu finden. Frühzeitig tritt ziemlich starker Zusammenfall der Siebelemente ein, der an vielen Stellen zu Keratenchym führt. An einigen Stellen liegen durch Bast geschützte intakte Siebröhren. Auf den Längswänden der letzteren findet man ganz feine Skulpturierungen.

Callusbildung ist nicht vorhanden. Die Siebelemente sind leer, das Parenchym enthält mäfsig Eiweifsstoffe und wenig Stärke.

Gleditschia triacanthos Lin.

Nicht sehr umfangreiche Bastzellgruppen liegen, mit Steinzellen verbunden, als gemischter Ring auf der Grenze der primären Rinde.

Die sekundäre Rinde zeigt in jungen Trieben unregelmäfsige Lagerung von einzelnen Bastfasern und Nestern derselben, auch kleine Complexe von Sklereïden. In älteren Rinden tritt erhöhte Bast- und Steinzellbildung auf und bewirkt concentrische Schichtung. Die Sklereïden sind entweder den Bastfasern angelagert oder liegen zu isolierten Gruppen vereinigt. In der einjährigen Rinde, wo nur der gemischte Ring ausgebildet war, fand ich schon ziemlich starke Obliteration mit Keratenchymbildung.

[1]) Vergleiche: S. Schwendener, Das mechanische Prinzip, S. 146.

In älteren Rinden ist die Obliteration zwar auch ziemlich stark, doch sind einzelne Gruppen von Siebelementen, die durch die mechanischen Elemente geschützt sind, intakt anzutreffen.

Es sind weder Skulpturierungen auf den Längswänden der Siebröhren zu erkennen, noch Callus am Cambium.

Die Siebröhren sind leer. Das Parenchym ist mit Eiweifsstoffen und Stärke ziemlich gefüllt.

Corylus Avellana L.

Der auf der Grenze der primären Rinde vorhandene gemischte Ring[1]) setzt sich aus den primären Bastbündeln und um- und angelagerten Steinzellen zusammen.

Bei jungen Zweigen hat die sekundäre Rinde nur vereinzelte Bastfasern aufzuweisen. Sie nehmen mehr und mehr zu, so dafs in älteren Rinden concentrische, allerdings nicht fest zusammenhängende Bänder mit Siebelementen abwechseln. Den von Rindenstrahl zu Rindenstrahl reichenden Bastplatten haben sich oft einzelne Steinzellen hinzugesellt. Die in den Schichten liegenden Siebelemente verfallen frühzeitig der Obliteration, die bei dieser Pflanze nicht gerade sehr stark auftritt, an der primären Rinde an einzelnen Stellen doch zu schwacher Keratenchymbildung führt. Zwischen den Bastcomplexen eingekeilt, liegen jedoch Gruppen von Siebelementen, die von ersteren bogenförmig umgeben und daher geschützt sind.

Wandverdickungen und Callus sind in den Siebröhren nicht zu finden.

Das Parenchym weist ziemlich viel Eiweifsstoffe auf, doch wenig Stärke.

Ostrya carpinifolia.

Schon frühzeitig werden die primären Bastbündel ausgebildet. Zwischen ihnen tritt Steinzellbildung auf, so dafs ein breiter gemischter Ring die primäre Rinde nach innen abschliefst.

---

[1]) Vergleiche hierzu auch: A. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie, S. 389.

In der sekundären Rinde liegen elliptische in tangentialer Richtung gestreckte Bastcomplexe[1]), die meist über mehrere Baststrahlen fortreichen und sich alternierend decken. Dazwischen liegen vereinzelte Bastfasern und kleine Steinzellgruppen. Der Holzpflanze ist es auf diese Weise gelungen, den Zusammenfall der Siebelemente in Grenzen zu halten. Es tritt nicht sehr starke Obliteration auf. Sie verstärkt sich jedoch nach der primären Rinde zu und läfst vor der Borkeabchnürung Bänder von Keratenchym erkennen. Viele intakte Siebröhren sind durch die ganze sekundäre Rinde verbreitet. Die Wandverdickungen der Längswände und die bis zwanzig Porenfelder zählenden Siebplatten mögen das ihrige zur Aussteifung der Siebröhren beitragen.

Der Inhalt der Siebröhren giebt nur am Cambium schwache Reaktion auf Eiweifs, sonst sind sie leer. Das Parenchym enthält bald mehr bald weniger Eiweifsstoffe. Am Cambium ist Callus zu sehen.

Rhamnus Cathartica L.

Diese Rinde ist insofern der vorhergehenden ähnlich, als auch in ihr die Bastfasern in elliptischen Gebilden[2]) auftreten, die über mehrere Rindenstrahlen hinwegreichen. Die Bastbelege sind von Krystallfasern umgeben, sie lösen sich daher beim Schneiden leicht ab und fallen heraus. Die Zellen, wo die Rindenstrahlen durch die Bastbündel hindurchgehen, sind zu sklerotischen Krystallzellen umgewandelt.

In der primären Rinde liegen schmale Bastbelege in tangentialer Anordnung, aber isoliert, da. Die Obliteration tritt, analog der vorigen Rinde, hier nicht sehr stark auf; an mehreren Stellen, nach der primären Rinde zu, sind schmale Keratenchymbänder sichtbar.

Die Siebröhren haben keine Skulpturierungen, auch zeigen sie am Cambium keinen Callus. Als schwacher Wandbeleg ist am Cambium Inhalt in den Siebelementen zu constatieren, sonst sind sie leer, hin und wieder sind einige Geleitzellen

[1]) Vergleiche auch Teil I S. 23.

[2]) Vergleiche dieselbe Stelle.

und Cambiformzellen noch gefüllt. Das Parenchym hat wenig Eiweifsstoffe, mehr Stärke.

Crataegus Oxyacantha Lin.

Die primären Bastbündel sind nicht sehr umfangreich und liegen isoliert. Aufserdem findet man einzelne Steinzellen in der primären Rinde. Einige Ähnlichkeit hat diese Rinde mit den beiden vorhergehenden. Die sekundären Bastbelege liegen auch hier nicht in concentrischen Ringen, sondern wechseln so in den einzelnen Reihen ab, dafs über den Lücken der einen die der andern zu liegen kommen. Die Bastfasergruppen reichen von einem zum anderen Rindenstrahle und werden durch sklerotische Elemente verstärkt[1]).

Die Obliteration ist durch diese Einrichtungen sehr gehindert, tritt auch im ganzen nicht sehr stark auf. An der primären Rinde entsteht mit der Zeit Keratenchymbildung.

Die Siebplattensysteme zählen bis 15 Porenfelder. Die Längswände der Siebröhren tragen stark verzweigte Wandverdickungen. Auch diese beiden Einrichtungen mögen dazu beitragen, die Obliteration abzuschwächen.

Am Cambium ist kein Callus vorhanden. Die Siebröhren sind alle leer, das Parenchym enthält Eiweifsstoffe.

Sambucus nigra L.

Obwohl die Bastbelege in dieser Rinde nicht sehr stark ausgebildet sind, schliefse ich doch dieselbe den drei vorausgehenden an, weil die Lage der Bastcomplexe einige Ähnlichkeit hat.

Die primären Bastfaserbündel sind in einem schmalen[2]) unterbrochenen concentrischen Ringe angeordnet. In der sekundären Rinde stehen die Bastfasern[3]) in kleinen Bündeln,

---

[1]) Vergleiche: S. Schwendener, Das mechanische Prinzip etc., S. 153.

[2]) Vergleiche: Hanstein, Entwicklung der Baumrinde, S. 53.

[3]) Vergleiche: v. Mohl, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botanische Zeitung 1855, S. 879. — G. Haberlandt, Physiolog. Pflanzenanatomie, S. 353.

die meist in tangentialer Richtung gestreckt sind. Ihre Anordnung ist derartig, dafs die Gruppen der lose angeordneten Reihen über den Zwischenräumen der nächsten zu liegen kommen. Man sieht, die Pflanze ist nach Möglichkeit bemüht, der ziemlich stark um sich greifenden Obliteration Einhalt zu gebieten.

In jungen Trieben ist der Zusammenfall der Siebelemente ein schwacher zu nennen, doch tritt an der primären Rinde schon Keratenchym auf. In älteren Rinden sind die Zellhöhlungen der Siebelemente noch deutlich zu erkennen, doch sind sie mehr oder weniger verbogen, nach der primären Rinde zu zeigt sich starke Obliteration, und schliefslich schmale Bänder von Keratenchym. Die Siebröhren haben lange Plattensysteme, aber keine Wandverdickungen; Callus ist auch nicht zu beobachten gewesen.

In älteren Siebröhren fand ich am Cambium neben wenig Eiweifsstoffen auch wenig Stärke. Das Parenchym hat mäfsig Inhalt.

Typus III. Die Bastfasern treten nur sehr schwach auf, oft von starker Steinzellbildung unterstützt; oder aber es sind stärkere oder schwächere Steinzellcomplexe ohne Bast vorhanden. Der auftretende Zusammenfall der Siebelemente ist meist sehr stark und führt in vielen Rinden zu Keratenchymbildung in Bänder- und Nesterform.

Robinia pseudacacia L.

In der primären Rinde junger Triebe ist ein gemischter Ring zu sehen, der aus grofsen bandartigen Bastfaserbündeln und zwischengelagerten Steinzellen besteht. Späterhin werden die sklerosierten Gruppen gesprengt. Die sekundäre Rinde ist regelmäfsig geschichtet[1]). Breite Lagen von Siebelementen, die die Siebröhren in der Mitte eingeschlossen

[1]) Vergleiche: J. Möller, Anatomie der Baumrinden, S. 385.

enthalten, wechseln mit schmalen Baststreifen, die meist aus vereinzelten Nestern zusammengesetzt sind.

Die Obliteration ist in jungen Rinden, wo der starke gemischte Ring noch besteht, eine schwächere, sie nimmt aber mit dem Alter der Rinde an Umfang sehr zu. Schon die am Cambium gelegenen Siebelemente sind in älteren Rinden verbogen, weiter nach oben stark verzerrt. Zwischen ihnen erkennt man die für die Keratenchymbildung charakteristischen feinen Zellhöhlungen. Die extremste Form der Obliteration wird nach der primären Rinde hin immer stärker, indem sie hier in Band- und Nesterform auftritt.

Diese Rinde hat in den Siebröhren keine Wandverdickungen, am Cambium keinen Callus aufzuweisen. Die Siebröhren enthalten am Cambium ziemlich viel Eiweifsstoffe, wenig Stärke. Das Phloëmparenchym hat viel Stärke und Eiweifsstoffe.

Syringa rotomagensis A. Rich.

Zwischen den nicht sehr umfangreichen Bastfasergruppen in der primären Rinde treten Steinzellen auf, doch nicht so viel, dafs ein geschlossener gemischter Ring gebildet wird. In der sekundären Rinde sind die Bastbündel zuerst isoliert, später treten sie zu Bändern zusammen. Die zwischen ihnen liegenden Leptomschichten bestehen aus ziemlich viel Siebröhren, von Parenchym umgeben. Auch bei dieser Holzpflanze ist weder Skulpturierung noch Callusbildung zu finden.

Die Stärke, in der die Obliteration auftritt, ist dieselbe wie bei der vorangehenden Rinde.

Die Siebröhren zeigen am Cambium wenig Inhalt, sonst sind sie leer. Das Parenchym enthält Eiweifsstoffe und Stärke.

Rosa gallica L.

Die in der primären Rinde junger Zweige vorhandenen umfangreichen Bastzellcomplexe werden auch späterhin nicht durch Steinzellbildung verbunden, sondern bleiben isoliert. Die sekundäre Rinde ist nicht regelmäfsig geschichtet zu nennen, da neben den tangentialen Bändern auch noch ein-

zelne Bastfasern und kleinere Gruppen derselben hier und da eingesprengt sind.

In der dem Cambium zunächst liegenden Schicht sind die Siebelemente mäfsig verbogen, ihre Differenzierung ist genau zu erkennen. In den darauf folgenden Schichten findet teilweise sehr starke Obliteration statt, die ich an einzelnen Stellen als Keratenchym ansprechen möchte. Neben stark obliterierten Zellen mit schmalen Höhlungen sind auch intakte zu sehen. Unterhalb der primären Rinde liegen oft feste Keratenchymbänder, die zwischen sich auch noch weniger obliterierte Zellen zeigen.

Auch diese Rinde zeigt weder Callus, noch Skulpturierungen der Längswände in den Siebröhren, die nur einfache ziemlich schräg gestellte Querplatten haben.

Der Inhalt der Siebröhren ist am Cambium ein geringer, das Parenchym weist nur Eiweifsstoffe auf.

Ulmus campestris L.

In der Mitte der primären Rinde liegen die wenig umfangreichen Bastbelege. Auch die sekundäre Rinde enthält keine Steinzellen, nur Bastfasern[1]). Schmale tangentiale Bänder von lose und unregelmäfsig aneinander gefügten Bastzellen wechseln mit zwei- bis dreimal so breiten Siebschichten ab. Nach der Anordnung der mechanischen Elemente ist man geneigt, auf einen sehr starken Zusammenfall der Siebelemente zu schliefsen. Die eintretende Obliteration ist jedoch nur schwach zu nennen, an einigen Stellen erkennt man allerdings auch schmale Bänder von Keratenchym. Die Wände der Siebröhren sind mit Aussteifungen versehen, die an Stärke in den nach der primären Rinde zu gelegenen zunehmen. Die Querplatten derselben sind nur einfach und horizontal gestellt.

Die Siebröhren, die am Cambium Callus haben, sind durchgehend leer, das Cambium hat wenig Inhalt.

---

[1]) Vergleiche hierzu: Th. Hartwig, Vollständige Naturgeschichte der Kulturpflanzen Deutschlands. 1851. S. 466. — Schwendener, Das mechanische Prinzip etc., S. 145.

Juniperus virginiana L.

Die Bastfasern fehlen in der primären Rinde ganz. In der sekundären treten sie zuerst vereinzelt auf, und schliefsen erst in älteren Rinden zu einreihigen concentrischen Ringen zusammen, die von einem Rindenstrahl zum andern ohne Unterbrechung reichen. Die Schichtung in dem Siebteile ist eine sehr regelmäfsige[1]). Zwischen den einzelnen Bastfaserringen liegen drei Lagen dünnwandiger Elemente, von denen die beiden äufseren Siebröhren, die mittlere Parenchymzellen sind. Entsprechend der regelmäfsigen Lagerung der Bastzellen ist die stattfindende Obliteration keine sehr starke. Nicht weit vom Cambium findet man allerdings schon die radialen Wände der Siebröhren eingeknickt, nach der primären Rinde hin nimmt die Obliteration zu, und ist oft recht stark zu nennen; doch kommt es nicht zur Keratenchymbildung. Die Längswände der Siebröhren[2]) zeigen keine Skulpturierung, am Cambium ist kein Callus zu sehen.

Die Siebröhren sind leer, das Parenchym ist mit Eiweifsstoffen und Stärke gefüllt.

Taxus baccata L.

Die Rinde ist der vorher beschriebenen sehr ähnlich gebaut. In der primären Rinde ist weder Bast-, noch Steinzellbildung zu finden. Die sekundäre Rinde zeigt in jungen Trieben einzelne Bastfasern, bei älteren Zweigen einreihig concentrische Bastringe[3]), die jedoch, wie ich bemerkt habe, nicht so ununterbrochen verlaufen, wie bei Juniperus. Die Obliteration tritt auch hier stärker auf. Sie wird allmählich sehr stark, und gewahrt man dann an der primären Rinde Bänder von Keratenchym.

---

[1]) Vergleiche: S. Schwendener, Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen, S. 146. — J. Möller, Anatomie der Baumrinden, S. 13.

[2]) Siehe auch Teil I S. 24.

[3]) Vergleiche: B. Frank, Ein Beitrag zur Kenntnis der Gefäfsbündel. Besonderer Abdruck a. d. Bot. Ztg. Jahrg. 22, S. 8.

Die Siebröhren haben gleichfalls keine Wandskulpturierungen, ebenso keinen Callus.

Nur am Cambium zeigen die Siebröhren wenig Inhalt. Das Parenchym enthält nur Eiweifsstoffe.

Morus alba L.

Neben Steinzellbildung zu isolierten Gruppen treten in der primären Rinde nicht sehr umfangreiche Bastfasercomplexe unter und neben einander auf. In der sekundären Rinde liegen vereinzelte oder zu kleinen Nestern verbundene Bastzellen[1]), meist unregelmäfsig verteilt. Mitunter schliefsen sie zu tangentialen Reihen zusammen. Der Lage der Bastbelege nach müfste die Obliteration viel stärker auftreten, als man sie beobachtet. Die Siebelemente sind ja meistens zusammengedrückt, doch kann man überall die Siebröhren, die Geleitzellen und das Cambiform unterscheiden. Keratenchymbildung findet nicht statt. Die Siebröhren haben einfache, nicht sehr schräg gestellte Siebplatten, aber feine Wandaussteifungen. Dies ist eine von den Rinden, bei denen ich mir die Frage vorgelegt habe, ob nicht diese Sulpturierungen die doch nach der Lage der Bastbelege unvermeidlich stärker auftretende Obliteration verhindert haben.

Callus ist nicht zu beobachten. Die Siebröhren sind leer, das Parenchym ist mit Eiweifsstoffen und Stärke gefüllt.

Prunus Padus L.

Unregelmäfsig verteilt liegen kleine Bastfasergruppen sowohl in der primären als in der sekundären Rinde.

Die Obliteration tritt demnach auch sehr stark auf, an der primären Rinde auch Keratenchym.

Die zarten Skulpturierungen auf den Längswänden der Siebröhren scheinen nicht von Einfluf's zu sein. Am Cambium, wo übrigens kein Callus zu sehen ist, haben die Siebröhren wenig Inhalt. Das Parenchym enthält ziemlich viel Eiweifsstoffe.

---

[1]) Vergleiche: Th. Hartig, Vollständige Naturgeschichte der Kulturpflanzen etc. 1851, S. 466.

Bignonia radicans L.

In der Rinde eines einjährigen Zweiges fand ich kleine primäre Bastbelege, die später in die einzelnen Zellen zerfallen, wie mich die Betrachtung von älteren Rinden lehrte. Einzelne Bastfasern[1]) liegen auch in der sekundären Rinde unregelmäfsig verteilt.

Das Leptom besteht aus vielen Parenchymzellen und wenigen Siebröhren[2]). Erstere sind grofszellig und starkwandig, letztere haben nur zarte Membranen. Feine Skulpturierung ist auf den Längswänden der Siebröhren zu erkennen.

Während noch in der Rinde junger Triebe der Zusammenfall der Siebelemente mäfsig auftritt, ist die Obliteration in älteren Rinden stark zu nennen. Zwischen den erhalten gebliebenen Zellhöhlungen der Parenchymzellen sind die schmalen Lumina der zerquetschten Siebelemente zu sehen. Keratenchym in Nestern und Zügen durchzieht den Siebteil. Am Cambium ist Callus nicht zu erkennen. Hier zeigen die Siebröhren noch wenig Inhalt, sonst sind sie leer. Das Parenchym ist ziemlich mit Eiweifsstoffen gefüllt.

Evonymus europaea L.

Die primäre Rinde entbehrt gänzlich der mechanischen Elemente. Bei jungen Zweigen sind unterhalb der primären Rinde einzelne Bastfasern verteilt, bei älteren in der ganzen sekundären Rinde unregelmäfsig angeordnet. Das Leptom ist geschichtet. Ein bis zwei Reihen Parenchymzellen wechseln mit dreimal stärkeren Lagen Siebröhren, die sich auch durch stärkere Membranen auszeichnen.

In dieser Rinde, meist in der Nähe von Siebröhren, kommen Zellen vor, die ich sonst nirgends fand, und die sich auch Möller[3]) nicht zu deuten wufste. Diese Zellen sind meist

---

[1]) Vergleiche: v. Mohl, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botan. Zeitung 1855, S. 875.

[2]) Vergleiche: A. Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie, S. 343.

[3]) Vergleiche: J. Möller, Bau der Baumrinden, S. 286.

schmaler als die Siebröhren, ihre Membranen sind mit vielen kleinen Tüpfeln versehen, lösen sich beim Schneiden los und hängen wurmförmig in das andere Gewebe hinein.

Es tritt ziemlich starke Obliteration auf, doch nur schwache Keratenchymbildung.

Die Plattensysteme der Siebröhren sind ziemlich lang: ich zählte bis zehn Porenfelder. Die zwischen letzteren liegenden Cellulosestreifen sind ziemlich stark. Auf ihren Längswänden sind keine Skulpturierungen zu erkennen. Kein Callus ist vorhanden. Die Siebröhren sind leer. Das Parenchym enthält nur wenig Wandbeleg.

Berberis vulgaris L.

Betrachtet man die Rinde eines einjährigen Zweiges, so fällt der in Kuppelform über den Markstrahlen liegende Siebkörper sofort auf, da er von keinem Bastbelege geschützt ist[1]). Während nun in der primären Rinde keine mechanischen Elemente auftreten, sind in der sekundären junger Triebe vereinzelte Bastfasern zu finden. Letztere treten in älteren Rinden zu einreihigen tangentialen Bändern zusammen, zwischen denen Siebröhren in zwei- bis dreimal stärkeren Lagen mit Parenchymzellen abwechseln.

Am Cambium sind ein bis zwei Zelllagen ziemlich intakt und zeigen Callusbildung, sonst sind die Siebschichten einer ziemlich starken Obliteration anheimgefallen. Keratenchym ist nicht zu finden.

Die Siebröhren zeigen keine Skulpturierung, und sind mit Ausnahme von denen dicht am Cambium, die wenig Inhalt aufweisen, leer. Das Parenchym enthält neben Eiweifsstoffen wenig Stärke.

Celtis aspera Lin.

Im jugendlichen Zustande schon ist ein gemischter Ring von Bastbündeln mit zwischengelagerten Steinzellgruppen vorhanden, der ungefähr in der Mitte der primären Rinde

[1]) Vergleiche: Th. Hartig, Naturgeschichte der Kulturpflanzen, S. 466.

liegt. In der sekundären Rinde sind unregelmäfsig verteilt einzelne oder nur wenig beisammen gelagerte Bastfasern[1]) zu finden. Bei mehrjährigen Rinden tritt zu diesen wenigen Bastzellen starke Sklerosierung von Parenchymzellen hinzu, sodafs diese dann in der sekundären Rinde vorwiegen. Grofse Complexe auch schmalere tangentiale Streifen von Steinzellen lagern dann im Siebteile.

Trotzdem tritt starke Obliteration auf, die ich aber nicht einmal dicht unter der primären Rinde, wo sie in sehr verstärktem Mafse auftritt, Keratenchym nennen möchte.

Feine Skulpturierung ist auf den Längswänden der Siebröhren zu erkennen, die auch nur einfache Platten, keine Plattensysteme aufzuweisen haben. Callusbildung ist nicht vorhanden. Die Siebröhren sind leer, das Parenchym enthält Eiweifs und Stärke.

Acer Pseudoplatanus L.

Diese Rinde lasse ich der vorhergehenden folgen, wei sie sich in der Anordnung der mechanischen Elemente ähnlich verhält. Hier wie dort sind die ziemlich umfangreichen Bastfaserbündel mit Steinzellen verbunden. In der sekundären Rinde sind neben Bastzellgruppen[2]) Complexe von Steinzellen zu finden, doch prävalieren letztere nicht, vielmehr lagern sich später Bastfasern zu tangentialen Reihen an einander. Die eintretende Obliteration ist stark zu nennen, doch tritt auch hier kein Keratenchym auf.

Skulpturierungen und Callus sind nicht zu finden. Die Siebröhren sind leer, das Parenchym enthält nur Eiweifsstoffe.

Fagus silvatica L.

Die Rotbuche hat auf der Grenze der primären Rinde einen gemischten Ring von Bastzellcomplexen mit Stein-

[1]) Vergleiche: Th. Hartig, Naturgeschichte der Kulturpflanzen. S. 466.

[2]) Vergleiche: J. Möller, Bau der Baumrinden, S. 270.

zellen aufzuweisen[1]). In der Rinde junger Zweige sind die primären Bastbündel halbmondförmig convex angeordnet. Diese werden später auseinander gedrängt, und zwischen ihnen lagern sich die sklerosierten Parenchymzellen.

Wie in der primären Rinde, so werden auch in der sekundären älterer Zweige, in der die Bastfasern gänzlich fehlen[2]), Steinzellen erzeugt, und zwar in sehr beträchtlicher Menge. Umfangreiche Complexe dieser sklerotischen Elemente reichen dann meist von einem Rindenstrahle zum andern. Letztere besitzen die Eigentümlichkeit, dafs ihre Zellen sich gleichfalls zu Steinzellen umwandeln, die dann als Zapfen bis in den Holzkörper hineinragen[3]).

Wir haben bereits gesehen, dafs Steinzellbildung dem Zusammenfallen keinen grofsen Widerstand entgegensetzt. Die Obliteration tritt dann auch hier recht umfangreich und stark auf. Am Cambium sieht man bei jungen Trieben mehr oder weniger verletzte Siebelemente (Figuren XI, XII, XIII). Bald sind die Membranen sehr stark verzerrt, und die dazwischen liegenden Lumina sind schmal und eng. An der primären Rinde findet man Keratenchym[4]). Bei älteren Rinden ist die obliterierte Schicht gröfser, am Cambium liegen jedoch immer drei bis vier Zelllagen weniger verbogener Siebröhren. Bei einer mir zur Verfügung stehenden hundertjährigen Rinde ist sehr starke Obliteration mit starker Keratenchymbildung zu constatieren (Figur XIV).

Englichtige Parenchymzellen durchziehen in Querreihen von zwei bis drei Zellen Stärke den Siebteil. Am Cambium ist Callus auf den stets einfach bleibenden Siebplatten auf-

---

[1]) Vergleiche: A. Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie, S. 389.

[2]) Vergleiche auch: v. Mohl, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botanische Zeitung 1855, S. 880. — Hanstein, Untersuchungen über den Bau der Baumrinden. 1853. S. 40. — Schwendener, Das mechanische Prinzip etc., S. 144.

[3]) Vergleiche: J. Möller, Anatomie der Baumrinden, S. 67.

[4]) Siehe auch: A. Wigand, Zur Verständigung über das Hornprosenchym. Flora 1877. No. 24: Die Zusammenstellung von Pflanzen, bei denen Keratenchym vorkommt.

zufinden. Die Seitenwände der Siebröhren sind mit Porenfeldern dicht besetzt, zwischen denen schwache Wandverdickungen verlaufen.

Am Cambium sind die Siebröhren schwach gefüllt, die anderen leer. Das Parenchym enthält Eiweifsstoffe.

Betula alba L.

Die Rinde der Birke hat in Bezug auf Lagerung der mechanischen Elemente grofse Ähnlichkeit mit der Buche. In der primären Rinde liegt ein gemischter Ring. Die sekundären Bastfasern fehlen ganz[1]). Steinzellbildung tritt in älteren Rinden so stark auf, dafs der Siebteil nur aus diesen mit Siebröhren zusammengesetzt zu sein scheint. Die Obliteration ist nicht ganz so stark als bei Fagus.

Zarte Wandverdickungen und Callusbildung kann man bei den Siebröhren beobachten. Letztere enthalten am Cambium wenig Eiweifs, sonst sind sie leer. Das Parenchym hat neben Eiweifsstoffen auch Stärke aufzuweisen.

Platanus orientalis L.

Betrachten wir zuerst einen einjährigen Trieb auf dem Querschnitte unter dem Mikroskop, so erkennen wir, wie die primären Bastbündel in Kuppelform den Siebteil überwölben. Sie reichen von einem Rindenstrahle zum andern, und ruhen auf deren oberen Teilen, die bereits sklerosiert sind.

Sehen wir uns sodann eine ältere (fünfjährige) Rinde an, so bemerken wir, dafs keine sekundären Bastfasern erzeugt werden, dafür aber starke Sklerose des Parenchym und der Markstrahlen auftritt. Bei noch älteren Rindenstücken besteht die sekundäre Rinde scheinbar nur aus Sklereïden[2]). Nach dem Holzteile zu, zwischen den ver-

[1]) Vergleiche: H. v. Mohl, Einige Andeutungen über den Bau des Bastes. Botan. Zeitung 1855, S. 880. — Schwendener, Das mechanische Prinzip etc., S. 144.

[2]) Vergleiche: Hanstein, Bau der Baumrinden, S. 56. — J. Möller, Baumrinden, S. 86.

breiterten Rindenstrahlen, liegen die Schichten der Siebelemente. Letztere sind am Cambium wenig verbogen und zeigen breite Calluspolster. Nach der primären Rinde hin nimmt die Obliteration zu, und sind in den oberen Lagen der sekundären Rinde stark obliterierte Schichten auch Keratenchym zu erkennen.

Die Plattensysteme der Siebröhren sind ziemlich lang, ich zählte bis fünfzehn Porenfelder. Der hier auftretende Callus ist so durchsichtig, dafs man die Siebporen hindurchscheinen sieht. Am Cambium sind nur einfache Siebplatten zu finden. Auf den Längswänden sind ziemlich feine Skulpturierungen.

Die Siebröhren sind leer. Das Parenchym enthält neben Eiweifsstoffen Stärke.

Alnus incarna Willd.

Ziemlich in der Mitte der primären Rinde liegt ein geschlossener gemischter Ring aus Bastfaserbündeln mit Steinzellen.

Die sekundäre Rinde hat keine Bastfasern[1]), nur kleine Gruppen von Sklereïden sind unregelmäfsig in derselben verteilt.

Es ist begreiflich, dafs bei dem so geringen Vorhandensein von mechanischen Elementen die Obliteration ziemlich stark auftreten mufs. Sogar Keratenchymbildung tritt an vielen Stellen hinzu. Zwischen diesen Keratenchymbändern liegen zerstreut intakte Siebröhren.

Die Wandverdickungen in letzteren, die in älteren Rinden ziemlich stark erscheinen, sind bei einer zehnjährigen Rinde noch nicht aufzufinden. Die Plattensysteme sind ziemlich lang, durch schmale Cellulosestreifen getrennt. Callusbildung habe ich nicht bemerken können.

Die Siebröhren sind leer, das Parenchym ist mit Eiweifsstoffen gefüllt.

[1]) Vergleiche: Schwendener, Das mechan. Prinzip etc., S. 144.

Cornus mas L.

Nur schwache Bastbündel treten in der primären Rinde auf. Später findet keine Bildung von Bastfasern mehr statt[1]), und nur einzelne Sklereïden liegen zerstreut in der sekundären Rinde, die also fast nur aus Siebelementen, von vielen Parenchymzellen umgeben, gebildet wird.

Gemäfs dem Vorhandensein der wenigen mechanischen Elemente ist die Obliteration auch ziemlich stark mit Keratenchymbildung. Nicht weit vom Cambium erkennt man noch einige intakte Siebröhren. Die Inhaltsverhältnisse sind die gewöhnlichen.

Ganz feine Skulpturierungen sind auf den Längswänden der Siebröhren zu sehen, jedoch keine Callusbildung am Cambium.

Typus IV: Es tritt weder Bast- noch Steinzellbildung in der sekundären Rinde auf. — Sehr starke Obliteration und Keratenchymbildung.

Ilex aquifolium Lin.

Unterhalb der kleinen, isoliert liegenden, primären Bastbündel findet man in älteren Rinden einen Steinzellenring gebildet. Aufserdem treten noch kleinere zerstreute Gruppen von Sklereïden in der primären Rinde auf. Die sekundäre Rinde entbehrt völlig der mechanischen Elemente. Beim Cambium sieht man verbogene und verzogene Siebröhren mit Callus verschlossen. Nicht weit davon tritt auch schon Keratenchym auf, in welchem man die feinen Lumina schwer erkennt, daneben aber auch alle Übergänge der Obliteration zum Keratenchym.

Die Siebröhren haben keine Wandskulpturierungen und nur kurze Plattensysteme.

Der Inhalt der Siebröhren beschränkt sich auf wenig am Cambium, sonst sind sie leer. Das Parenchym enthält nur wenig Eiweifsstoffe.

[1]) Vergleiche: Schwendener, Das mechan. Prinzip etc., S. 144.

Philadelphus coronarius L.

In der primären Rinde ist ein unterbrochener Ring von tangential gestreckten Bastfaserbündeln vorhanden. Die sekundäre Rinde erzeugt kein Stereom[1]).

Frühzeitig tritt Borkebildung auf, die tief eindringt und die abzutrennende Rinde sklerosiert.

Im Leptom sind wenige Siebröhren und viele Parenchymzellen vorhanden. Die Siebelemente sind meist sehr stark obliteriert, an vielen Stellen ist schwache Keratenchymbildung zu finden.

Am Cambium weisen die Siebröhren keinen Callus auf, auf ihren Längswänden keine Skulpturierung.

Das Parenchym enthält Eiweifsstoffe und Stärke in nicht sehr grofser Menge. Die Siebröhren sind mit Ausnahme von denen am Cambium, die wenig Inhalt zeigen, leer.

Ampelopsis quinquefolius L.

Mechanische Elemente werden von dieser Pflanze nur in der primären Rinde erzeugt. Es sind kleine Gruppen von Bastfasern, die in der Mitte derselben auftreten. Die sekundäre Rinde besteht nur aus Siebelementen, von Parenchymzellen unregelmäfsig durchzogen.

Die Obliteration ist auch hier dem Vorhandensein so weniger Bastzellen entsprechend eine sehr starke.

Bei dieser Rinde kann man recht deutlich erkennen, wie der Druck der umgebenden Gewebe in der Nähe des Cambium von allen Seiten eingewirkt hat; mehr nach der primären Rinde zu nur in radialer Richtung. Bei einem einjährigen Triebe fand ich schon recht starken Zusammenfall der Siebelemente, an vielen Stellen auch schon Keratenchym. Bei der mir zur Untersuchung vorliegenden sechsjährigen fand ich im oberen Teile der Rinde grofse hornartige Klumpen gänzlich obliterierter Siebelemente, in denen man kaum noch zarte Zellhöhlungen entdecken konnte. Am Cambium sind noch einige intakte oder wenig verbogene Siebröhren er-

[1]) Vergleiche: J. Möller, Bau der Baumrinden, S. 342.

halten, doch ohne Callus. Tangentiale Längsschnitte zeigen auf den Wänden der Siebröhren Porenfelder mit ganz feinen Cellulosestreifen zwischen diesen.

Die Siebröhren enthalten am Cambium noch etwas Inhalt, das Parenchym enthält Stärke und Eiweifsstoffe.

Rhododendron ponticum.

Wie alle in dieser Abteilung aufgeführten Pflanzen entbehrt auch diese in der sekundären Rinde völlig des Stereom. Wie mir Querschnitte von einer einjährigen Rinde zeigten, sind in ihr primäre Bastbündel ausgebildet, die aber sehr bald durch Borkebildung abgestofsen werden. Später finden sich in der primären Rinde nur mehrere Lagen von Steinzellen vor. Die sekundäre Rinde tritt im Verhältnis zur primären hier sehr umfangreich auf. Im Leptomkörper sind Parenchymzellen unregelmäfsig verteilt.

Die stattfindende Obliteration ist sehr stark und führt zu Keratenchymbildung. Am Cambium in den wenigen schwach verbogenen Siebröhren ist Callus und wenig Inhalt zu sehen und nachzuweisen. Skulpturierungen auf ihren Längswänden sind nicht aufzufinden. Einfache Querplatten. Die Parenchymzellen haben ziemlich viel Eiweifsstoffe als Inhalt.

Aristolochia tomentosa L.

Die einzigen mechanischen Elemente, die hier auftreten, sind Steinzellen, die schon in einer einjährigen Rinde zu einem geschlossenen Ring verbunden sind und auf der Grenze der primären Rinde liegen. Dieser Sklerenchymring wird später vom Parenchym vollständig gesprengt[1]). Die Rindenstrahlen werden nach der primären Rinde zu fächerförmig verbreitert, und in diesen sich bildenden Kuppeln liegt das Leptom, das in tangentialen Reihen Siebröhren und Parenchymzellen geschichtet enthält.

Die Siebelemente erleiden sehr starke Obliteration mit Keratenchymbildung.

[1]) Vergleiche: De Bary, Anatomie der Vegetationsorgane, S. 549.

Am Cambium, wo die Siebröhren[1]) auch noch wenig Inhalt zeigen, ist starker Callus zu sehen. Das Parenchym enthält ziemlich viel Eiweifsstoffe.

Hedera Helix L.

Kleine Bastfasergruppen sind bei einem dreijährigen Zweige im oberen Teile der sekundären Rinde zu finden. In der Rinde eines älteren Stammes fand ich dieselben zu tangentialen Streifen angeordnet. Die Siebelemente sind von Parenchymzellen unregelmäfsig durchsetzt.

Die am Cambium gelegenen sechs bis acht ersten Zelllagen sind ziemlich erhalten, zeigen Inhalt und Callus. Dann tritt die Obliteration gleich sehr stark auf. Nur dicht unter der primären Rinde tritt Keratenchymbildung ein.

Auf den Längswänden der Siebröhren sind keine Skulpturierungen zu erkennen. Das Parenchym ist stark gefüllt.

Ribes alpinum L.

Weder die primäre noch die sekundäre Rinde weisen mechanische Elemente auf[2]). Die sklerotischen Markstrahlen des Holzkörpers ragen in die Rinde hinein. Der Siebteil ist geschichtet.

Die Obliteration ist, wie man aus dem gänzlichen Fehlen des Stereom schliefsen kann, sehr stark. Beim Cambium sind die Siebelemente nur stark verbogen, dann aber ist sogleich sehr starker Zusammenfall zu constatieren. Bei älteren Rinden tritt nicht weit vom Cambium schon Keratenchymbildung auf, sodafs man eine deutliche Schichtung zwischen Keratenschymbändern und zwei bis drei Zelllagen Phloëmparenchym erkennt.

Am Cambium haben die Siebröhren auf ihren einfachen Querplatten Callus aufzuweisen. Wandverdickungen lassen die Siebröhren nicht erkennen. Am Cambium zeigen sie wenig Wandbeleg. Das Parenchym enthält nicht sehr viel Eiweifsstoffe.

---

[1]) Vergleiche hierzu: K. Wilhelm, Kenntnis des Siebröhrenapparates, S. 47.

[2]) Vergleiche: J. Möller, Bau der Baumrinden, S. 220.

Buxus sempervirens Lin.

Analog der vorangehenden Rinde, kommen auch in dieser keine mechanischen Elemente vor. Am Cambium sind die Siebelemente schon sehr stark verbogen und verzogen. In ihnen unterscheidet man Callus. Gleich darauf tritt in allen Altersstadien sehr starke Obliteration und Keratenchymbildung auf, die nach der primären Rinde hin noch zunimmt. In älteren Rinden ist das Keratenchymgewebe so stark, dafs die feinen Zellhöhlungen strichförmig zu erkennen sind.

Neben dem Callus ist am Cambium wenig Inhalt nachzuweisen. Das Parenchym ist mit Eiweifsstoffen angefüllt.

Pinus Strobus L.

Auch diese Holzpflanze[1]) hat weder in der primären noch in der sekundären Rinde Stereom aufzuweisen. Die Siebelemente obliterieren demnach sehr stark, doch tritt nur lockere Keratenchymbildung ein. Die Siebröhren[2]) sind leer, das Parenchym hat nicht viel Eiweifsstoffe als Inhalt.

Schema des II. Teils.

Typus I. Der Bastkörper ist von Rindenstrahl zu Rindenstrahl mit solcher Breite und in solchen Formen gelagert, dafs die dazwischen liegenden Siebelemente nicht oder doch nur schwach obliterieren können:

a) in Traversenform: Tilia.
b) in starken umlagernden Complexen: Magnolia.
c) in tangential und radial gestreckten Bändern: Liriodendon.
d) in Nestern und tangentialen unter einander verflochtenen Reihen: Carya.

---

[1]) Vergleiche: v. Mohl, Andeutungen über den Bau des Bastes. Botan. Zeitung 1855, S. 891.

[2]) Vergleiche: Teil I S. 24. — J. Müller, Anatomie der Baumrinden, S. 24.

e) in Kuppelform: Clematis.
f) in Kuppel- und Bandform: Vitis.

Typus II. Der Bast ist in tangentialen Reihen von wechselnder Stärke geordnet. Oft tritt Steinzellbildung hinzu, um das Fehlende zu ergänzen. Die Bastfasercomplexe nehmen verschiedene Formen an, um die Siebelemente nach Möglichkeit zu schützen. Meist tritt stärkere Obliteration auf, auch Keratenchym:

a) in concentrischen schmalen Ringen von einem Rindenstrahle zum andern: Juglans, Salix, Populus;
b) in concentrischen Ringen mit Sklerose: Quercus, Fraxinus, Aesculus, Castanea, Corylus, Gleditschia;
c) in elliptisch sich deckenden Complexen (mit und ohne Sklerose): Ostrya, Rhamnus;
d) in alternierenden Bändern: Crataegus, Sambucus.

Typus III. Die Bastfasern treten nur sehr schwach auf, oft von starker Steinzellbildung unterstützt, oder aber es sind stärkere oder schwächere Steinzellcomplexe ohne Bast vorhanden:

a) Bastfasern in schwachen meist nicht zusammenhängenden Reihen, dazwischen einzelne Bastzellen oder kleinere Gruppen: Robinia, Ulmus, Rosa, Syringa, Juniperus, Taxus;
b) Bastfasern vereinzelt oder kleinere Nester: Prunus, Morus, Evonymus, Bignonia, Berberis;
c) Bastfasern vereinzelt mit starker Steinzellbildung: Celtis, Acer;
d) (starke) Steinzellbildung ohne Bastfasern: Fagus, Platanus, Betula Alnus, Cornus.

Typus IV. Es tritt weder Bast- noch Steinzellbildung in der sekundären Rinde auf:

a) in der primären Rinde tritt noch Bast- oder Steinzellbildung auf: Ilex, Ampelopsis, Philadelphus, Rhododendron, Aristolochia, Hedera;
b) weder in der sekundären noch in der primären Rinde Stereom: Ribes, Buxus, Pinus.

Erklärung der Tafel.

Die Figuren sind in halber Gröfse der Original-Zeichnungen wiedergegeben.

Figur I. Querschnitt durch einen 5 mm dicken Ausläufer von Glycyrrhiza glabra, Herbstmaterial. Vergröfserung: $^1/_{750}$, mit der Camera lucida aufgenommen. Bringt die verschiedenen Stadien der Obliteration zur Anschauung.

C = Cambium, B = Bastfasern, S = intakte oder wenig verbogene Siebröhren, Ker = Keratenchym, R = Rindenstrahl.

Figur II. Radialer Längsschnitt durch einen 5 mm dicken Ausläufer von Glycyrrhiza glabra, Herbstmaterial. Vergröfserung $^1/_{750}$.

Bringt gleichfalls die verschiedenen Stadien der Obliteration zur Anschauung.

C = Cambium, G = Holzgefäfs, S = intakte Siebröhren, Ker = Keratenchym, Par = Phloëmparenchym, B = Bastfasern.

Figur III. Querschnitt durch den Siebteil eines zehnjährigen Zweiges von Tilia platyphyllos. Vergröfserung $^1/_{600}$, mit der Camera lucida aufgenommen. Die traversenartig gelagerten Bastcomplexe (B) schützen die zwischenliegenden Siebelemente (S).

C = Cambium, R = primärer Rindenstrahl, r = sekundärer Rindenstrahl.

Figur IV. Querschnitt durch den Siebteil eines dreifsigjährigen Zweiges von Tilia platyphyllos. Vergröfserung $^1/_{600}$, mit der Camera lucida aufgenommen.

Die dieser Arbeit zu Grunde liegenden Untersuchungen führte ich von der Mitte des Sommersemesters 1889 bis Ende des Wintersemersters 1889/90 im Pflanzenphysiologischen Institut der Königl. landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin aus. Die Anregung zu dieser Arbeit verdanke ich dem damaligen Assistenten dieses Institutes, Herrn Dr. A. Tschirch, jetzigen Professor der Botanik und Direktor des pharmazeutischen Institutes in Bern.

Diesem, meinem hochverehrten Lehrer, an dieser Stelle meinen innigsten Dank auszusprechen für freundliche Anregung und mannigfache Ratschläge, ist mir eine angenehme Pflicht.